

GLAUCE MARIS PEREIRA BARTH

**ARTE E MATEMÁTICA, SUBSÍDIOS PARA UMA
DISCUSSÃO INTERDISCIPLINAR POR MEIO DAS
OBRAS DE M. C. ESCHER**

CURITIBA
2006

GLAUCE MARIS PEREIRA BARTH

**ARTE E MATEMÁTICA, SUBSÍDIOS PARA UMA
DISCUSSÃO INTERDISCIPLINAR POR MEIO DAS
OBRAS DE M. C. ESCHER**

Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre.
Curso de Pós-Graduação em Educação,
Setor de Educação, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof Dr. José Carlos Cifuentes

CURITIBA
2006

GLAUCE MARIS PEREIRA BARTH

ARTE E MATEMÁTICA, SUBSÍDIOS PARA UMA DISCUSSÃO INTERDISCIPLINAR
POR MEIO DAS OBRAS DE M. C. ESCHER

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no
Curso de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná, pela
Comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. José Carlos Cifuentes - UFPR

Prof. Dra. Márcia Cristina de Costa Trindade Cyrino - UEL

Prof. Dra. Consuelo Alcioni B. Duarte Schlichta - UFPR

Prof. Dra. Carla Beatriz F. Ruschmann - UFPR

Curitiba, 28 de novembro de 2006

Epígrafe

VIVER, AMAR, VALEU!

Quando a atitude de viver,
É uma extensão do coração
É muito mais que um prazer,
É toda a carga de emoção
Que era um encontro com um sonho,
Que só pintava no horizonte,
E de repente diz presente,
Sorri, e beija nossa fronte,
E abraça e arrebatava a gente,
É bom dizer, viver valeu!
Ah! já não é nem mais alegria,
Já não é nem felicidade
É tudo aquilo num sol riso,
É tudo aquilo que é preciso
É tudo aquilo paraíso,
Não há palavra que explique
É só dizer: viver valeu!
Ah!, eu me ofereço esse momento,
Que não tem paga e nem tem preço
Essa magia eu reconheço,
Aqui está a minha sorte,
Me descobrir tão fraca e forte,
Me descobrir tão sal e doce
E o que era amargo acabou-se,
É bom dizer viver valeu,
É bem dizer: amar valeu, amar valeu!

(Luiz Gonzaga Jr. - "Gonzaguinha")

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus que não me abandona, se compadece, me conforta, sorri e está comigo todos os momentos da minha vida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, porque nenhum trabalho de pesquisa é feito de modo solitário.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Cifuentes que, prontamente aceitou orientar essa pesquisa, me acolheu, tornando-se um amigo, leitor ponderado e crítico, me incentivou nas horas em que não pensei conseguir chegar ao fim. Acreditou em mim e no meu trabalho.

Agradeço à Giovana Simão, sempre amiga e mestra, que me estimulou e valorizou minhas idéias.

Agradeço, também, aos meus pais e familiares que, mesmo não entendendo bem meus estudos, entendem a importância deles.

Ao meu marido Acir, por ter sido um companheiro carinhoso e incentivador nas dificuldades, entendendo minha ausência e mau humor quando não conseguia vencer as lutas entre a modernidade tecnológica, o computador/impressora, e a dificuldade de elaboração do texto. Muitas vezes segurou minhas mãos e me ajudou a caminhar até finalizar mais essa etapa importante da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I.....	18
1.1 REPENSANDO O BRASIL POR MEIO DA SUA FORMAÇÃO CULTURAL ...	19
CAPÍTULO II.....	35
2.1 A INTER-RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE ARTE E MATEMÁTICA	36
2.2 A ARTE E A MATEMÁTICA NO PROCESSO EDUCATIVO.....	50
2.3 ARTE E MATEMÁTICA NAS OBRAS DE ALGUNS ARTISTAS	57
CAPÍTULO III.....	73
3.1 MAURITS CORNELIS ESCHER.....	74
3.2 ENTENDENDO O PROCESSO IMAGINATIVO DE M. C. ESCHER	78
CAPÍTULO IV	84
4.1 CIÊNCIAS EXATAS E CIÊNCIAS HUMANAS, MAIS DO QUE UMA JUSTAPOSIÇÃO.....	85
4.2 "PANETÓIDE DUPLO".....	89
4.3 "ORDEM E CAOS"	97
4.4 "BELVEDERE"	104
4.5 "QUEDA D'ÁGUA"	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - “O homem vitruviano”. Desenho. Leonardo da Vinci	60
Figura 2 - “O juízo final”, 1537. Pintura Afresco, Capela Sistina, Vaticano. Michelangelo.....	61
Figura 3 - “Capela dos Pazzi”, 1429. Arquitetura renascentista do séc. XV. Brunelleschi	62
Figura 4 - “Natureza-morta com maçãs e laranjas”. Cézanne	64
Figura 5 - “Klangvoll”. Kandinsky	65
Figura 6 - “ <i>Les Demoiselles d’ Avignon</i> ”, 1907. Óleo sobre tela. Museu de Arte de Nova York. Picasso	66
Figura 7 - “Guernica”, 1937. Óleo sobre tela. Picasso	67
Figura 8 - “Unidade Tripartida”, 1948/49. Aço Inoxidável. Museu de Arte Contemporânea, São Paulo. Max Bill	68
Figura 9 - “Bichos”, 1959. Escultura. Clark	69
Figura 10 - “Carta Branca”. Magritte	70
Figura 11 - “Bandeirinhas”. Volpi	71
Figura 12 - “Planetóide Duplo”, 1949. Entalhe em madeira. Escher	90
Figura 13 - “Ordem e caos”, 1950. Litografia. Escher	99
Figura 14 - “Belvedere”, 1958. Litografia. Escher	106
Figura 15 - “Grade Louca”. Fotografia. Dr. Cochran	112
Figura 16 - “ <i>Tribar</i> ”, 1958. Desenho. Penrose	113
Figura 17 - “Queda d’água”, 1961. Litografia. Escher	115

RESUMO

Com esta pesquisa objetiva-se, em primeiro lugar, salientar que as idéias são exprimíveis em imagens e promovem o desenho geométrico em nível de linguagem, à educação do olhar e do raciocínio visual, para se compreender o significado do que é visto por meio da Arte e da Matemática; também promovem o conhecimento matemático, sobre o espaço e a forma, pela identificação de conteúdos de desenhos geométricos em algumas obras de Maurits Cornelis Escher; contribuem à sistematização dos saberes das artes gráficas, desenhos geométricos e artes visuais em geral, de forma a se constituírem em uma fonte de conhecimento matemático; e auxiliam a pensar a inter-relação arte/matemática. Na pesquisa, foi enfatizada outra forma de pensar sobre uma possível inter-relação das áreas, Matemática e Arte, especialmente, a Arte presente no ensino da Matemática. Abordaram-se e discutiram-se temas necessários aos quais o professor deve analisar criticamente, em especial, a natureza do conhecimento artístico, o conhecimento do desenho geométrico, alguns conteúdos tais como espaço e forma, e a necessidade de se valorar a intuição, a criatividade e a associação de idéias na escola.

Palavras-chave: Educação, pensamento matemático, pensamento visual, inter-relação arte/matemática, Escher.

ABSTRACT

With this research, There is an objective, in first place, to show that the ideas are express in images and they promote the geometric drawing to the language level, to the education look, and the reasoning visual to understand the meaning of what it is seen by means the Art and Mathematics; They promote the mathematical knowledge, as well, about the space and the form, by the identification of geometric drawings contents in some Maurits Cornelis Escher works; That they contribute to the systematization of the graphical arts, geometric drawings and visual arts knowledge in general. It's a way they constitute them in a source of mathematical knowledge and they assist to think, to the interrelation between art and mathematical for the research. It has been emphasized, another way to think about a possible interrelation in this areas, the Art and Mathematics. In the other words, the Art's presence in the Mathematics teaching. It has been approached and it has been argued about necessary subjects, which, the teachers must analyze critically, in special, the knowledge artistic nature. The geometric drawing knowledge, some contents such as space and form and the necessity to value it the intuition, the creativity and the ideas association at school.

Key-Words: Education, mathematical thought, visual thought, interrelation between art and mathematical, Escher.

INTRODUÇÃO

“Cada palavra que é pronunciada (árvore, céu, homem) provoca uma vibração interior, e o mesmo ocorre com cada objeto reproduzido em imagem”.

Kandinsky

A arte e a matemática são instrumentos de registro do que se viu e se aprendeu sobre os mistérios da vida e do universo. Artistas e matemáticos são privilegiados leitores da natureza; é, pois, com a linguagem visual e a linguagem formal que complementam essa leitura. É na natureza, inspiradora de novas descobertas, que se encontram formas geométricas bem definidas. Ao se deter a ver e a observar as formas naturais, o homem dá-se conta de quão importante é o desenvolvimento da percepção visual como meio de entendimento do mundo em que se vive.

Há milhares de anos, o homem, ao procurar uma caverna para morar, aliava proporcionalmente o espaço dessa caverna em relação ao seu próprio corpo. Com esta atitude intuía relações matemáticas. Eis um exemplo de raciocínio visual.

Pitágoras (séc. VI – V a.C.) percebeu na natureza que havia uma ordem passível de ser expressa por propriedades geométricas, por exemplo, os triângulos retângulos de lados 3-4-5, cuja propriedade é: a soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa. Ainda, percebeu que as propriedades desses triângulos eram genéricas, válidas para todos os triângulos retângulos. Esse é um exemplo de raciocínio formal.

De maneira geral à escola, para justificar a necessidade do desenho geométrico bastaria o argumento de que com tal estudo obtêm-se maior e melhor desenvolvimento do pensamento geométrico-visual e, com essa habilidade, mais facilmente resolvem-se as situações cotidianas geometrizadas. Também é possível utilizar-se do desenho como facilitador à compreensão e à resolução de questões de outras áreas do conhecimento humano. Então, conhecer o desenho geométrico

amplia a leitura interpretativa do mundo e aperfeiçoa a comunicação das idéias. (LORENZATO, 1995, p. 03 – 13).

Em particular, com o ensino do desenho geométrico, as situações de vida geometrizadas, quando tomadas como experiências de incentivo à aprendizagem, conduzem o aluno à real dimensão social. Por exemplo: leitura de mapas; visualização de objetos sob diferentes pontos de vista; questões espaciais; trajeto de meteoritos; formas das janelas, mesas, pedras, e muitas outras situações que se configuram enriquecedoras experiências estratégicas, oriundas de trabalhos com os conteúdos escolares, desde que combinam dinâmica, contextualizada e significativa satisfação no aprendizado.

Apesar disso, a tarefa é complexa. Muitos exercícios sobre desenho geométrico, repetitivos e mecânicos, não apresentam sentido algum e impõem ao aluno questionar-se sobre o sentido e a serventia de tantos pontos, retas e ângulos.

A aprendizagem geométrica com significado se opera sob o contexto do aluno. Afinal, ela favorece o desenvolvimento da percepção espacial. E quando aqui se fala de percepção espacial, está-se a tratar da habilidade em orientar-se no espaço e de ordenar objetos sob diferentes ângulos. Ainda, ao aluno contribui com melhor desempenho à execução de atividades cotidianas e a formar-se cidadão.

A linguagem matemática como a linguagem artística permitem leitura do mundo e contribuem para a devida transformação, por meio da estética que ambas apresentam tais como nas representações de cidades, segundo formas ali utilizadas para estruturar e representar ruas, casas; à produção de utensílios, nos efeitos dos ângulos; nas luzes que traduzem a imagem que se vê.

Além disso, também a aprendizagem geométrica deve favorecer o desenvolvimento de habilidades da observação do espaço bidimensional e tridimensional, para elaboração de meios de se comunicar a respeito desse espaço. Todos esses favorecimentos são deveras importantes nestes tempos quando as fontes de informação utilizam a imagem (cinema, TV, cartazes...) como modos de representação em perspectiva, planificações, cortes, projeções, entre outros fundamentais à interpretação das mensagens que através da mídia chega às pessoas e ao ambiente social.

Entender o espaço e as formas geométricas significa também prevenir determinadas dificuldades de aprendizagem; algumas de percepção espacial, por exemplo, essencialmente ao início do processo de alfabetização. É o que ocorre, quando se trata de distinguir o local onde são produzidas as consoantes entre o “p” e o “q” ou entre o “b” e o “d”. Em casos assim, o professor trabalha a simetria - auxiliar no desempenho da aprendizagem nesta fase.

Na aritmética, a escrita dos números envolve a noção de posição; quando se comparam figuras, as medições são indispensáveis; portanto, o estudo do desenho geométrico é positivo em relação a estes aspectos também. Caso contrário, dificuldades de percepção espacial podem tornar os alunos mais tensos e apreensivos diante de suas tarefas.

Enfim, podem-se indicar muitas outras situações em que o trabalho com o desenho geométrico é importante na vida de todas as pessoas, inclusive na integração com outras áreas do conhecimento, pois, informações relativas às várias áreas são dadas por medidas as quais utilizam-se gráficos, tabelas, desenhos em escala, mapas, etc.

Com o apoio do desenho geométrico, a imagem que observamos e que desempenha um papel fundamental em nossa aprendizagem, facilita a interpretação do que vemos, porque, muitas das formas que observamos, são formas geométricas! E é como linguagem que o desenho é um recurso, em qualquer idade, que temos para desenvolver o raciocínio espacial sobre a forma.

Diversas pesquisas em meios educacionais sobre ensino matemático apontam a importância de se incentivar o aluno para o desenvolvimento da habilidade de visualizar quer sejam objetos do mundo real quer sejam, em nível mais avançado, conceitos, processos e fenômenos matemáticos. Para alguns pesquisadores, esta habilidade é tão ou mais importante do que a de calcular numericamente e a de simbolizar algebricamente. Além disso, os educadores matemáticos começaram a tomar consciência da importância assumida pelo entendimento das informações visuais em geral, tanto para a formação matemática do educando quanto para sua educação global (KALEFF, 1998, p. 15).

Muitas vezes, negligencia-se a capacidade humana de perceber objetos, apreender conceitos e situações através dos sentidos. Por meio destes, os nossos pensamentos, simples abstrações se movem, somos induzidos a identificar e/ou medir por meio de unidades padronizadas.

Isto posto e assim considerado, para esta pesquisa objetivou-se: a) salientar que as idéias são exprimíveis em imagens e b) buscar evidências de que a compreensão do significado daquilo que se vê exige o domínio de conhecimentos artísticos, históricos, antropológicos, matemáticos, enfim, científicos.

Embora a maioria das representações de objetos geométricos seja perceptível visualmente, é importante não se confundir a habilidade da visualização, isto é, a habilidade de se perceber o objeto geométrico em sua totalidade com a percepção visual das representações disponíveis deste objeto (KALEFF, 1998, p. 16).

Para tal efeito, é o contato, a experiência com objetos diversos, com manifestações artísticas, etc., que possibilita a construção de imagens mentais, via percepção visual.

Conseqüentemente, é nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) – Matemática e Arte (1998) para o Ensino Fundamental, que se buscam fundamentos para ao leitor melhor esclarecer sobre o quanto os conceitos artísticos e matemáticos colaboram ao desenvolvimento da percepção visual e espacial. Entende-se que, no trabalho com as imagens mentais, o espaço e a forma muito podem oferecer no processo ensino-aprendizagem, durante o Ensino Fundamental.

Ora, para consolidar e ampliar um conceito matemático é importante que o aluno veja tal conceito em novas extensões, representações ou conexões com outros conceitos. Assim, não se deve trabalhar apenas com o que se supõe fazer parte do dia-a-dia do aluno a quem também se deve proporcionar o contato com formas diferenciadas de perceber principalmente por meio do desenho geométrico.

“Contudo, ao se debruçar à prática propriamente dita, encontra-se, muitas vezes e ainda, ensino orientado a instruções de procedimentos e técnicas operatórias, com pouco investimento nas atividades que exigem elaboração própria, pesquisa, investigação, argumentação coerente, formulação de hipóteses, interpretação e testagem de resultados, habilidades tão necessárias à inserção de qualquer indivíduo no trabalho, no universo cultural e no espaço das relações sociais” (OLIVEIRA, 1998, p. 49-50).

Segundo o PCN-Artes (1998), cabe ao professor viabilizar a intersecção da linguagem artística com as demais áreas do conhecimento. Assim, ao trabalhar com

a linguagem matemática, cuja ênfase é desenho geométrico, o aluno se sente desafiado e se motiva a buscar respostas, sobretudo porque nem sempre o que o motiva é o mesmo que ao professor. Daí a necessidade de se trabalhar de forma diversificada, interdisciplinar, de modo que os alunos exponham seus problemas, apontem soluções para o que inicialmente parece insolúvel, argumentem, justifiquem suas respostas, percebam significados e construam novas relações.

O espaço e a forma são conteúdos de considerável importância no Ensino Fundamental e é por meio deles que o aluno poderá desenvolver um tipo especial de pensamento que lhe permitirá, então, descrever e repensar, de forma organizada, o mundo em que vive. O aluno aprende a pensar; e, no caso da Matemática, aprender a pensar matematicamente é essencial no aprendizado dessa ciência.

O mundo atual caracteriza-se entre outros aspectos pelo contato com imagens, cores e luzes em quantidades inigualáveis na história. A criação e a exposição às múltiplas manifestações visuais gera a necessidade de uma educação para saber ver e perceber, pela distinção de sentimentos, sensações, idéias e qualidades, contidas nas formas e nos ambientes (PCN-Artes, 1998, p. 63).

Estes aspectos estão mais intimamente ligados aos princípios intuitivos e perceptivos da matemática e da arte que a princípios lógicos. Espaço e forma remetem à percepção de imagens, desde que não é possível ensiná-las; mas, ao examiná-las com o olhar e discutir sobre respectivos significados, são passíveis de serem apreendidas e até porque devem mesmo ser entendidas.

Não resolve procurar definições de imagem em dicionários, nem consultar verbetes de enciclopédias. São dedutivos, apresentam 'verdades' parciais, sem indicar que o fazem. Apesar desse não-saber, o mundo está inundado por imagens e nosso olho, nas grandes cidades, saturado por elas (SILVEIRA, 1998, p. 29)

Sob esta perspectiva, embora o desenho geométrico faça parte da vida dos alunos, isto é, embora o aluno viva onde o espaço e a forma façam parte do seu ambiente social, cultural, político e até mesmo virtual, o desenho geométrico ainda é visto com desinteresse.

“As Artes Visuais, além das formas tradicionais – pintura, escultura, desenho, gravura, arquitetura, (...) - incluem outras modalidades que resultam dos avanços tecnológicos e transformações estéticas do século XX” (PCN-Artes, 1998, p. 63).

As Artes Gráficas, o Desenho Industrial e a Arte Digital são exemplos desses avanços; são modalidades artísticas que, embora com especificidades individuais, apresentam possibilidades de combinação para além delas mesmas e até com outras áreas.

Assim, pressupõe-se que o professor explore necessariamente situações com algumas construções geométricas, e some à régua e compasso outras ferramentas, para visualização e explicação de propriedades das figuras, além da construção de outras relações; mas também utilize linguagens e modalidades artísticas.

Atualmente, é mais evidente a necessidade de observação da ocupação dos espaços, a localização e também o deslocamento de objetos no espaço, porque a vista destas ocupações em diferentes ângulos são pré-requisitos no exercício de algumas profissões tais como engenharia, arquitetura, mecânica, coreografia, entre outras. Todas elas impõem o pensamento geométrico.

Também é cada vez mais indispensável que as pessoas desenvolvam a capacidade de observar o espaço tridimensional e de elaborar modos de representá-lo, pois, a imagem é um instrumento de informação essencial no mundo contemporâneo podendo até chegar a um novo plano de entendimento do espaço, mesmo que esse plano vá além do que se pensa existir.

Nos PCNs – Matemática (1998), aponta-se, como campo de problemas, no estudo do espaço e das formas, o envolvimento de três objetos cujas naturezas são diferentes: espaço físico, ou seja, o domínio das suas materializações; a geometria, concebida como modelização desse espaço físico, domínio das figuras geométricas; o(s) sistema(s) de representação plana das figuras espaciais, domínio das representações gráficas.

Esses três objetos são ligados entre si e referem questões de interação à aprendizagem. A destacar: primeira questão, aprendizagem do desenvolvimento das habilidades de percepção espacial e física; segunda, elaboração de um sistema de propriedades geométricas e de uma linguagem que permita ação nesse sentido; e, última, codificação e decodificação de desenhos.

Com efeito, um exemplo de procedimento a desenvolver habilidades de percepção espacial é fazer leitura e utilizar com sucesso mapas e plantas, nas situações cotidianas, fonte de numerosas dificuldades para muitas pessoas. No PCN-Matemática, destaca-se ainda, com procedimentos que, muitas vezes, solicitam certa sistematização dos conhecimentos espaciais, o *modus operandi* para localizar num grande edifício um escritório, para deslocar-se numa cidade ou encontrar um caminho numa montanha, entre outros exemplos.

Às figuras geométricas, o trabalho pode girar em torno de atividades de classificação das figuras, segundo propriedades e regularidades, e exploração, conforme sejam composição e decomposição, sobre obras de arte, *tangrams* e diferentes *poliminós*. Os alunos constatarem o recobrimento de uma superfície de maneiras diferenciadas, pois se trata de formas diferenciadas.

Nas últimas séries do Ensino Fundamental, deve-se trabalhar, sobretudo, as transformações de uma figura no plano, porque permite o desenvolvimento de conceitos geométricos. Por exemplo: situação de comparação entre figuras, em que a segunda é resultante da reflexão da primeira, ou da translação ou da rotação, de modo a permitir a descoberta da permanência do que é invariante e do que muda. Estas são situações encontradas em cerâmicas, pisos, tapeçarias, para citar alguns.

Para efeito de esclarecimento sobre o Ensino Fundamental, convém especificar que o 4.º ciclo de aprendizagem corresponde, hoje, ao 8.º e ao 9.º ano do ensino básico e, portanto, o 3.º ciclo, ao 6.º e 7.º anos, respectivamente.

Há dentre outros conceitos matemáticos e procedimentos, relacionados ao conteúdo espaço e forma do 4.º ciclo, a análise em poliedros da posição relativa de duas arestas (paralelas, perpendiculares, reversas) e de duas faces (paralelas e perpendiculares); a representação de diferentes vistas (lateral, frontal e superior) de figuras tridimensionais e reconhecimento da figura, também representada por diferentes vistas.

A esse estudo, em paralelo, há de se retomar, em breve tempo, os conceitos do 3.º ciclo, importantes nessa nova etapa do conhecimento. Como exemplo, distinguir, em contextos variados, figuras bidimensionais e tridimensionais, e

descrever delas algumas características, ao mesmo tempo em que se estabelecem relações entre elas, segundo nomenclatura própria. Também é possível classificar figuras tridimensionais e bidimensionais, seguindo critérios diversos, tais como corpos redondos, poliedros regulares e não-regulares, prismas, pirâmides e identificação de diferentes planificações de alguns poliedros.

Certamente, nessa etapa do conhecimento, há outros conceitos e procedimentos indispensáveis que são pré-requisitos, dentre os quais: situações-problema cujas resoluções estão no uso e emprego de instrumentos como régua, compasso, esquadro e transferidor - usados para a identificação e construção de alturas, bissetrizes, medianas e mediatrizes de um triângulo - à obtenção da mediatriz de um segmento, da bissetriz de um ângulo, de retas paralelas e perpendiculares.

Enfim, o espaço e a forma, trabalhados no decurso de aula, são significativos à construção dos conceitos de congruência de figuras planas, simetria, semelhança, e outros.

Os alunos, ao representarem em desenho um objeto geométrico, buscam relações entre a representação, organização e propriedades do objeto, compatível à imagem mental global que tem do objeto, muito embora, nem sempre procedam de forma criativa ao conjunto daquele desenho.

Eis a razão de o desenvolvimento do processo criativo imprescindir da arte como meio específico e não apenas uma estratégia. Mesmo para o estímulo das capacidades criativas, conectadas à matemática, a arte é fundamental. M. C. Escher, em suas obras, estabelece a conexão e evidencia os questionamentos mais

densos sobre o caminho entre arte e matemática, imagem e conceito. Assim como Escher, Da Vinci, anteriormente, também salientou a importância do olhar nesse processo. Para o gênio italiano,

[...] o desenho é a linguagem educada do olhar, o primeiro instrumento de toda ciência, pois, como ‘todos os nossos conhecimentos decorrem do que sentimos’ e como ‘menos se engana o olho em seu exercício que qualquer outro sentido’, somente por meio desse recurso de representação – que dá conta de todas as formas e faz efetivamente ver – poder-se-ia articular uma verdadeira hipótese de conhecimento. Era, pois, no desenho – que potencializa o mais poderoso pilar cognitivo – que a pintura alcançava, para Leonardo, sua essência, igualava-se, então, pelo seu poder de verdade, até mesmo à filosofia (CARREIRA, 2000, p. 19).

É preciso “deitar” o olhar sobre uma das linguagens do ensino da matemática, não mais àquela estática, mas à atual; dinâmica, isto é, àquela, por exemplo, que as obras de Escher nos trazem. Lançar um novo olhar na busca do conhecimento e expressão do pensamento. A arte e a matemática transportaram, por meio da arte da gravura, o pensamento de Escher para um mundo desconhecido.

Assim, tanto a disciplina Arte como a disciplina Matemática, justapostas apresentam, cada qual seu valor. Ambas tornam o ensino da outra um meio complementar.

Nas obras do artista gráfico M. C. Escher há profundos conhecimentos geométricos matemáticos interligados às Artes Visuais.

Nesse sentido, o desenho geométrico, cujo caráter é cognitivo, é importante para o desenvolvimento intelectual e pensamento visual porque ajuda o homem a perceber e a entender o mundo em que vive, independente do espaço geográfico

em que se encontra, da cultura ou crença. O fato é que pensa-se o mundo, segundo forma, natureza e espaço, geometricamente. E aí se considera o homem e as interações com o próprio meio; portanto, o desenvolvimento cognitivo fundamentalmente depende destas interações.

Em algumas obras didáticas, é o caso das coleções, destinadas desde a 5ª à 8ª séries, das autoras Denise Akel Haddad e Dulce Gonçalves Morin, muito embora não sejam aqui empregadas como objeto de estudo, há relacionados simultaneamente o desenho geométrico, o conteúdo matemático e ainda os conteúdos de Arte. Com este recurso, o professor, além do conhecimento específico de sua área, deve aliar, à sua formação, um outro conhecimento. Evidencia-se aqui que manuais didáticos cujas contribuições são inestimáveis à compreensão das construções geométricas fundamentais, há muito não são ensinadas no Ensino Fundamental.

Esta pesquisa, conseqüentemente, propõe para o desenho geométrico abordagem contextualizada no processo ensino-aprendizagem e considera a interação homem-mundo sob os aspectos da informação, cultura e sociedade e outras possíveis variantes, somada ao confronto de tais situações.

Ora, observe-se que Maria Isabel Cunha, em suas observações de aulas, registrou que o professor, ao contextualizar os conteúdos, aproveitava do conteúdo abordado e dos exemplos das experiências, convivências familiares e respostas dos alunos e construía o conhecimento. Com o procedimento à aprendizagem, os alunos obtinham maior êxito. Embora isso, é principalmente por abordagens significativas e de novos significados que se dá o estabelecimento do processo de articulação das

relações substantivas e não-arbitrárias, entre os conteúdos escolares e os conhecimentos antes construídos pelos próprios estudantes.

O ambiente cotidiano escolar esteticamente valorizado pela lógica, intuição, espontaneidade, aliado à construção do conhecimento, para melhoria da qualidade de ensino; promove a compreensão do significado dos objetos. Como afirma Machado (1995): “compreender é apreender o significado” e “apreender o significado de um objeto ou acontecimento é vê-lo em suas relações com outros objetos ou acontecimentos” (MACHADO, 1995, p. 138). Machado contribui com reflexão sobre a reinsersão nos currículos escolares e a compreensão do desenho geométrico como área do conhecimento.

Pois bem, a formação acadêmica em Educação Artística, habilitação em Desenho, e o gosto pelo desenho geométrico, constatado pela apreciação da beleza das formas geométricas, a simetria das flores, a perfeição esférica das gotas de orvalho e das órbitas elípticas dos planetas ao redor do sol, e a proposta de reafirmar a importância do desenho geométrico nos currículos escolares do Ensino Fundamental como disciplina motivou a elaboração deste trabalho.

Também assim, devido a que, durante a graduação e pela primeira vez, estudou-se o artista gráfico M. C. Escher e, encantada com a utilização de conteúdos matemáticos, espaço e forma, conjugados à criatividade, estética e muita imaginação evidentes às obras, foram outras razões que contribuíram grandemente, à elaboração desta pesquisa.

As obras de M. C. Escher remetem à reflexão sobre o homem e a ação e interferência dele no ambiente em que vive e na natureza para suprir suas

necessidades primeiras - moradia, alimentação, etc. - e avançar nas descobertas que sua inteligência consegue alcançar.

As obras de Escher apresentam relações entre a arte visual e a matemática, que, embora intimamente envolvidas, em alguns casos conduzem a pensar, porque estão num plano além do tridimensional, na impossibilidade de concretizá-las.

A maioria delas são gravuras para cujo processo de impressão, geralmente em papel, utilizou a técnica de reprodução de figuras sobre matrizes de madeira, pedra, metal, e outros materiais. As matrizes permitem várias cópias, que são numeradas e assinadas pelo artista. De acordo com a técnica e o material empregado, a gravura recebe diferentes nomes: xilogravura (madeira), litogravura (pedra) e buril (metal).

Esta técnica remete à Arte Gráfica, campo específico das Artes Visuais. Escher, para realizar os trabalhos, usou as Artes Visuais, as mesclou com conteúdos matemáticos, especificamente relacionados com o desenho geométrico, reforçando assim, no caso da Educação, a idéia de disciplinas justapostas.

Escher, para construir suas obras ao encaixe preciso dos desenhos, utilizava-se de diversos conceitos matemáticos: plano, reta, curva, repetição, ângulo, forma, superfície, corpo geométrico, poliedro, etc. E, articulou alta criatividade à percepção visual, representou de forma dinâmica seu pensamento visual, e refutou os princípios da perspectiva (conceitos aceitos desde o Renascimento). Sugeriu, assim, especificamente de objetos irrealis, novas representações tridimensionais, impossíveis de existir.

Urge ao ensino idéias inovadoras como fator motivador e renovador do processo ensino-aprendizagem e, sobretudo de professores que estabeleçam relações entre as áreas do conhecimento cuja concepção do significado de ensinar e aprender o desenho geométrico seja clara; enfim, dispostos à melhoria do processo ensino-aprendizagem.

Sob essa perspectiva, certamente a proximidade entre os objetos de estudo de Artes Visuais e Matemática é perceptível. Em M. C. Escher são observáveis questões tais como: regularidade, repetição de padrões, simetria etc. Portanto, as obras de Escher podem ser recurso para ensinar e aprender o desenho geométrico, justamente por elas apresentarem em comum conteúdos da disciplina Artes Visuais e da disciplina Matemática.

Os conceitos geométricos constituem parte importante do currículo de matemática no ensino fundamental, porque, por meio deles, o aluno desenvolve um tipo especial de pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada o mundo em que vive (PCN - Matemática, 1998, p. 51).

As Artes Visuais, segundo Parâmetros Curriculares Nacionais – Arte, são caracterizadas, entre outros aspectos, pelo contato com imagens, e geram a necessidade de saber ver e perceber para, então, distinguir sentimentos, sensações, idéias e qualidades contidas nas formas e nos ambientes (PCN-Artes, 1998, p. 63).

Todas as razões aí apresentadas justificam a escolha do tema para este estudo, discutido ao longo de quatro capítulos, conforme abaixo são esboçados.

Ao Capítulo I, constam as Leis, desde a chegada dos Jesuítas no Brasil, que fundamentam o ensino nacional.

No Capítulo II, tratou-se de Educação pela Arte no ensino da Matemática, como um meio de aprendizagem significativa e contextualizada, e Arte e as suas possíveis conexões.

Ao Capítulo III, à tentativa de explicar o processo imaginativo à composição das obras de Maurits Cornelis Escher, evidenciou-se alto índice do uso do desenho geométrico na composição.

E, por fim, no Capítulo IV, analisaram-se obras de Escher, sob as evidências do próprio artista que a Arte muitas vezes é forma de conhecimento matemático.

Termina-se esta introdução com palavras de Antunes (2002, p.11), as quais traduzem com esmero, a atitude de um profissional frente a um obstáculo:

Diante da ausência de saúde de seu paciente, o médico tem direito a uma dúvida essencial: como curá-lo? É possível devolver-lhe integralmente a saúde? Existindo em seus saberes uma resposta positiva, sua ação é buscá-la com tenacidade e sem limites. Não parece ser muito diferente a essência da missão de um professor. Diante da ausência do conhecimento dos seus alunos, todo professor tem direito a uma dúvida não menos essencial: como fazer meu aluno aprender? É possível aumentar seus conhecimentos, fazê-lo acessar ainda mais suas capacidades e suas inteligências? Existindo em sua prática uma resposta positiva, cabe a ele uma ação similar. Assim como o médico deve identificar na doença a inimiga a vencer, cabe ao professor ver na ignorância o desafio a superar.

CAPÍTULO I

“Não é possível uma educação intelectual, formal ou informal, de elite ou popular, sem Arte, porque é impossível o desenvolvimento integral da inteligência sem o desenvolvimento do pensamento divergente, do pensamento visual (...) que caracteriza a Arte”.

Ana Mae Barbosa

1.1 REPENSANDO O BRASIL POR MEIO DA SUA FORMAÇÃO CULTURAL

A Companhia de Jesus aqui desembarcou junto com os portugueses e colonizadores, a 1500. A Congregação cuja missão era catequizar novos povos contava com professores religiosos católicos, para quem o ensino e respectivo funcionamento subordinavam-se aos interesses político-econômicos de Portugal.

Por essas razões os jesuítas passaram a ministrar aos índios nativos os ensinamentos religiosos sob os fundamentos da educação européia.

Entretanto, para a Companhia de Jesus alcançar os objetivos, antes foi necessário ensinar os nativos a ler e a escrever, para que recebessem o conhecimento cristão europeu contemporâneo. Vivia-se o pensamento barroco.

O ensino era escolástico, filosofia do pensamento cristão da Idade Média, cujo objetivo final era ascender à verdade religiosa. Ensinava-se o *trivium* - a gramática, a retórica, dialética-, e o *quadrivium* - aritmética, geometria, astronomia e música. “Outra característica do ensino jesuítico é a emulação, ou seja, o estímulo à competição entre os indivíduos e as classes” (ARANHA, 1996, p.93).

Embora com base nos ensinamentos do cristianismo e na filosofia escolástica, o procedimento didático jesuítico era a repetição dos exercícios com o objetivo de facilitar a memorização. Aqueles que memorizavam com facilidade se sobressaíam entre os demais, eram apreciados e até mesmo condecorados.

Durante as aulas, à sobra de tempo, propunham-se dúvidas “[...] e para que sobre [tempo], procure o professor conservar rigorosamente a argumentação em

forma [silogística]; e quando nada mais de novo se aduz, corte a argumentação”, segundo Leonel França (*apud* ARANHA, 1996, p.97).

Retomando o curso da História, a Companhia de Jesus foi fundada por Ignácio de Loyola, em 1534, para impedir que se propagassem os novos ideais religiosos, oriundos da grande cisão na Igreja, contra a doutrina católica apostólica romana, propostos pelo excomungado da Igreja alemão Martinho Lutero, precursor da Reforma.

Mesmo com os esforços da Igreja Católica para manter os próprios ideais religiosos, a Reforma iniciada por Lutero originou outras denominações cristãs. Assim, para difundir a fé católica apostólica entre os diversos povos, a Igreja foi incansável na edificação de grandes e suntuosos templos, ao estilo Barroco (séc. XVII), muito comum na Itália e oriundo de uma série de mudanças econômicas, religiosas e sociais ocorridas na Europa.

Arquitetos, escultores e pintores, foram convocados para transformar as igrejas em verdadeiros monumentos artísticos, cujo esplendor tinha o propósito de converter ao catolicismo todas as pessoas. Portanto, a arte serviu “[...] como um meio de propagar o catolicismo e ampliar suas influências” (PROENÇA, 2003, p.103). No pensamento barroco há uma exaltação dos sentimentos, a religiosidade é expressa de forma dramática, intensa, procurando envolver emocionalmente as pessoas.

Em outras palavras, os portugueses trouxeram para o país esta arte, cuja ênfase residia em temas religiosos, mitológicos e do cotidiano com a predominância da emoção e não da razão. A arte barroca apresentava-se de forma quase teatral;

as figuras pareciam estar em movimento; os jogos de luzes intensificavam dramaticamente a cena, e punham em destaque elementos importantes como os sentimentos humanos.

As obras de António Francisco Lisboa (o Aleijadinho), cujas características européias influenciaram a arte brasileira da época, é um exemplo do Barroco da segunda metade do século XVIII.

A arte plumária, a arquitetura, a pintura, o artesanato, etc. dos índios (nativos), não foram valorizadas pelos portugueses. Arte, para os colonizadores e para os jesuítas, era o Barroco, que servia à elite européia, não a de índios que não detinham o conhecimento cristão, que não liam e que não escreviam, ou seja, que não eram considerados civilizados. Os portugueses julgavam inferior e grosseira a cultura dos índios. Os jesuítas, sob esse aspecto, foram de fato “[...] puros agentes europeus de desintegração de valores nativos” (AZEVEDO, 1971, p.17).

Com esses conceitos, os jesuítas impediam o desenvolvimento técnico no país para enfatizarem os aspectos humanísticos da formação e a escolástica predominou.

Sebastião José de Carvalho e Melo, Marquês de Pombal como era conhecido, induziu o Império à crença de que eram os jesuítas contra a forma governamental do Rei e ao perigo iminente que a Companhia de Jesus representava cuja influência efetiva exercia sobre a população, os colonos e os índios, enfim sobre o domínio político-econômico e religioso.

Somente após 1759, o Rei D. José I, enredado por Pombal, decretou a expulsão dos jesuítas de todos os domínios portugueses; fato que abalou, depois de dois séculos de colonização, a estrutura organizacional da colônia.

No decorrer do século XVIII, muitas razões fazem crescer a animosidade contra a Companhia de Jesus. O Governo temia o seu poder econômico e político, exercido maciçamente sobre todas as camadas sociais ao modelar-lhes a consciência e o comportamento (ARANHA, 1996, p.133).

A formação cultural, em termos educacionais do país, nos séculos que se seguiram, se revestiu de planos educativos à tentativa de substituição do trabalho jesuítico. Um dos que se destacou foi o da Congregação do Oratório, opostos à Companhia de Jesus e a favor das ciências e da filosofia moderna cartesiana. “Ensinavam o francês e outras línguas modernas, além do latim; estudavam história e geografia com o uso de mapas; encorajam a curiosidade científica [...]” (ARANHA, 1996, p.110).

Fernando de Azevedo, historiador do séc. XX, percebeu essa descontinuidade e não empregou meias palavras para afirmar o que ocorreu à educação nacional, com a expulsão dos jesuítas: “[...] estabeleceu-se um caos completo, a despeito dos esforços de outras ordens religiosas, como os beneditinos, os franciscanos e os carmelitas” (*apud* NISKIER, 1989, p. 19). O que se deu a partir de então não foram reformas educacionais propriamente ditas, mas sim uma série de medidas incoerentes e fragmentadas.

O Marquês de Pombal só inicia a reconstrução do ensino uma década mais tarde, provocando o retrocesso de todo o sistema educacional brasileiro. Várias medidas desconexas e fragmentadas acontecem. As primeiras providências mais efetivas, levadas a efeito só a partir de 1772, quando é implantado o ensino público oficial. (ARANHA, 1996, p.134).

Iniciam-se, então, as aulas-régias; isto é, aulas cujas disciplinas são isoladas, diferente do processo humanístico dos jesuítas. Em lugar de desenvolver o ensino, colaborar para o aumento de recursos, de enriquecer a educação, reformar o sistema implantado pelos jesuítas, Pombal eliminou completamente o que os jesuítas fizeram em dois séculos de educação.

As vantagens proclamadas pelo ensino reformado decorrem da intenção de oferecer aulas de línguas modernas, como o francês, além de *desenho*, aritmética, geometria, ciências naturais, no espírito dos novos tempos e contra o dogmatismo da tradição jesuítica (ARANHA, 1996, p.134; grifo nosso).

O desenho, à época, apresentava caráter técnico, isto é, expressão dos materiais; assim os objetos deveriam ser representados nas posições que melhor os caracterizavam, preferencialmente, na posição de montagem.

Em 1808, com a chegada de D. João VI ao Brasil, estabeleceram-se, apenas para a elite brasileira, cursos superiores de Medicina, Direito e Artes. Na Colônia, em escolas particulares, representava, acima de tudo, o poder econômico social e ali exigiam-se as aulas de Artes cujo perfil fosse decorativo e refinado, desde que o reinado as caracterizavam como adorno; nas escolas públicas, a Arte detinha um perfil profissionalizante, o objetivo era o crescimento da economia (VECHIA, 2005, p.78-82).

Com D. João houve grandes mudanças na Educação. Criou o Museu Real, a Imprensa Régia, a Biblioteca Pública, o Jardim Botânico. Com as novas orientações, iniciadas por Pombal após a expulsão dos jesuítas em 1759, decretou a secularização do ensino público, e criou os cursos superiores, ainda incentivava a

formação de professores, a instrução primária e se interessava pelo método mútuo de ensino.

Para efeito de esclarecimento,

Método inglês de ensino, voltado para a instrução da massa trabalhadora, em escolas públicas e escolas de primeiras letras do Brasil, nas quais o professor tinha um ou mais monitores, dependendo da quantidade de aluno em classe. O professor os encontrava antes das aulas propriamente dita, eram considerados mais avançados e com facilidade na aprendizagem, por isso recebiam atenção especial e instrução da monitoria que acontecia durante as aulas. Os monitores tinham a função de ajudar o professor a ministrar as aulas para o restante da turma. Este método visava vantagens econômicas, pois poucos mestres eram contratados. (BASTOS; 2005; p. 34).

Evidencia-se aqui a contribuição advinda das missões artísticas e científicas, durante a permanência da Corte portuguesa no Rio de Janeiro.

Missão Artística Francesa, contratada em Paris pelo Marquês de Marialva, embaixador de Portugal junto ao governo de Luís XVIII, aqui desembarcou em março de 1816. Joaquim Lebreton chefou o movimento composto pelos pintores João Batista Debret e Nicolau Antônio Taunay; o escultor Augusto Taunay; o arquiteto Grandjean de Montigny; o gravador Simão Pradier, os irmãos Marc Ferrez, ornamentistas e Zeferino Ferrez, gravador. Graças à influência do ministro Conde da Barca, decidiu D. João tomá-la sob proteção e, por Decreto de 12 de agosto de 1816, fixou as bases que orientariam o ensino profissional e artístico nacional (NISKIER, 1996, p.89).

Em 1824, o Imperador e a Imperatriz aprovaram o projeto de Constituição Política do Império do Brasil. Para tanto, D. Pedro I nomeou dez membros. Esta foi a primeira Constituição Brasileira, durante mais de 65 anos, embora tenha sido elaborada por Portugal e não pelo Brasil.

A questão do ensino ficou enquadrada no célebre Art. 179, nos parágrafos XXXII: - 'A instrução primária é gratuita a todos os cidadãos' e XXXIII: 'A Constituição garante colégios e universidades, onde serão ensinados os elementos das ciências, belas letras e artes (NISKIER, 1989, p.101).

Nesta Constituição de 1824, embora prevista e não obrigatória, a gratuidade do ensino não se efetivou. Somente com a Constituição de 1934 na Legislação Federal Brasileira, foi contemplada a Educação obrigatória e gratuita a que todos devem ter acesso.

No final do séc. XIX, segundo Niskier (1989), o país passou a adotar, novamente, o modelo de Educação Método Inglês, para gerar economia ao país. Época próxima à Revolução Industrial, ensino mais profissionalizante e voltado para a mão-de-obra na fábrica.

Em verdade, os ingleses não queriam seus próprios alunos precocemente trabalhando em fábricas, porque o estilo proposto poderia desqualificar a educação inglesa de elite. No Brasil, por sua vez, não traria nenhuma preocupação, afinal era desestruturada e este estilo de educação haveria de trazer benefícios.

Neste estudo, considerou-se esta forma de pensar desqualificadora e preconceituosa, desde que o ensino formal, cultural, ético, estético, criador, etc. não era valorizado; visava-se ensino lucrativo, com futuros trabalhadores em fábricas e que sabiam apenas técnicas de produção. Condição que fez ruir as estruturas educacionais do país.

“Tal preconceito veio acrescentar aos inúmeros preconceitos contra o ensino da arte sedimentados durante todo o século XIX, [...]” (BARBOSA, 1978, p. 16). Sob o Método Inglês, incluiu-se ao ensino da Arte desenho geométrico, pois “[...] na escola, a Arte era denominada desenho, e enfatizava conceitos geométricos e a perspectiva linear, e era ensinada por professores não especializados” (SAUNDERS, 1971, p. 283).

Mas, não foi somente Saunders (1971) que se referia à arte como desenho, segundo Ana Mae Barbosa (1978), o Marquês de Pombal também. Ele era um defensor artístico e lutou pela integração do ensino da Arte, embora não se saiba qual a metodologia de ensino empregada.

O governo exigiu que o desenho fizesse parte dos currículos das escolas públicas, embora não pelo seu valor estético, ou seja, satisfação das emoções estéticas do ser, mas por que se exigia um programa à indústria com base nas aplicações do desenho. O objetivo de manter o desenho não era com fins artísticos, mas industriais; portanto, o desenho geométrico passou a fazer parte deste programa com intuito de servir como base à economia do país.

Na segunda metade do século XIX, na década de 1870, período de grandes transformações culturais, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, com a industrialização caminhando a passos largos, o ensino da arte assume um novo papel: à preparação de profissionais competentes na área do desenho para “[...] ajudar a vencer a concorrência comercial com a Europa” (BARBOSA, 1978).

Em novembro de 1878, André Rebouças publicou em “O Novo Mundo”, o artigo “Generalização do Ensino do Desenho” onde se lê:

O ministério da Instrução Pública da França tomou ultimamente em junho de 1878, uma excelente medida, que desejamos que seja imitada no Brasil: *tornou obrigatório o ensino do Desenho em todas as classes do Liceu durante os sete anos do tirocínio* (grifo original). Esta disposição se devia aplicar imediatamente ao Colégio Pedro II e a todos os estabelecimentos congêneres da capital e das Províncias do Império. O Desenho é um complemento da escrita: da caligrafia e da ortografia. É o meio de comunicar a idéia de uma figura do mesmo modo que a escrita é o modo de comunicar um pensamento. Tendes a inspiração de uma bela antítese ou de uma imaginosa metáfora, vós a escreveis; tendes a idéia de uma forma nova, vós a desenhais imediatamente. É assim que deve ser compreendida a necessidade de generalizar o ensino do Desenho por todas as classes da

sociedade. Seria ocioso demonstrar a indispensabilidade do Desenho para os artistas, para os operários, para os engenheiros e para todas as profissões conexas. Para esses o Desenho vale mais do que a escrita e até mais do que a palavra. Pode o engenheiro fazer a seu contramestre um discurso de duas horas e no fim nada ter alcançado, mas em dois minutos, esboçado a peça da máquina que tem na mente, terá conseguido fazer-se compreender como por milagre. Para qualquer outra profissão, o Desenho, se não é indispensável, é pelo menos da maior utilidade. Um advogado, que não compreende a planta de um edifício onde se deu um crime, que não sabe figurar a planta da fuga de uma prisão, da escalada de uma casa, que olha debalde para a figura que representa o estado de uma ferida ou de qualquer outro caso de medicina legal, pode ser muito instruído, mas tem evidentemente imensa laguna nos meios de exercer sua profissão em toda a consciência. O médico operador, este está no caso do engenheiro mecânico, o Desenho para ele é indispensável. Imagina um novo instrumento cirúrgico e não sabe nem ao menos dar um esboço ao operário que tem de executá-lo, tem à frente um caso novo de um abscesso, quer descrevê-lo em sua memória para a Academia e não há meio de obter do lápis mais do que uma grotesca aranha (REBOUÇAS, 1878, p. 246).

Isto posto, pode-se afirmar neste estudo que a luta pelo reconhecimento do Desenho como disciplina vem desde o início do século XIX, quando comparado até mesmo a escrita. Além disso, foi exaltado em função da precisão das linhas, dos traçados, da interpretação que pode facilitar a compreensão de algo.

Borges confirma esta idéia quando relata:

Convém considerar o desenho como uma linguagem que exprime nossas percepções por meio de linhas, sombras e cores do mesmo modo por que as exprimimos por meio de palavras e frases. O Desenho é, em verdade, a muitos respeitos, uma língua da forma, tendo somente duas letras, a linha reta e a linha curva que se combinam como os caracteres alfabéticos nas palavras escritas (BORGES, 1959, p. 13).

Porém, foi por motivos políticos que o Desenho ganhou campo, principalmente em Europa, e chegou ao Brasil, principalmente para fins de instrução/educação da maioria com base na “[...] idéia da necessidade de se propagar pelo povo o ensino do Desenho” (BORGES, 1953, p. 16) e educar a nação

para o trabalho industrial. Mais uma vez, com vistas ao crescimento da nação, com fins econômicos.

Após a Proclamação da República, em 1889, o Brasil passou a elaborar suas próprias Constituições para o ensino. A primeira Constituição, em 1891, seguida de muitas reformas, com vistas a melhorar o ensino brasileiro, mesmo que orientados por diretrizes educacionais européias.

No projeto enviado aos congressistas, constava sobre o ensino público no Artigo 34 do Capítulo IV, onde se discriminava a atribuição do Congresso:

Art. 34 – Incumbe, outrossim, ao Congresso, mas não privativamente:

Parágrafo 1.º - Animar, no país, o desenvolvimento da educação pública, a agricultura e a imigração (NISKIER, 1989, p.192).

Contudo, depois de apreciado e emendado pelos constituintes, o capítulo passou a ter a seguinte redação:

Capítulo IV – Das Atribuições do Congresso:

(...)

Art. 35 – Incumbe, outrossim, ao Congresso, mas não privativamente:

(...)

§ 2.º - Animar, no país, o desenvolvimento das letras, artes e ciências, bem como a imigração, a agricultura, a indústria e o comercio, sem privilégios que tolham a ação dos governos locais (NISKIER, 1989, p.193).

A Constituição de 1934 entrou em vigor, mas teve um período muito curto de vigência. No texto desta Constituição, a parte referente à educação e à cultura é a seguinte: “Cabe à União, aos Estados e aos Municípios favorecer e animar o desenvolvimento das ciências, das Artes e a cultura em geral, proteger os objetos de interesse histórico e o patrimônio artístico do país, bem como prestar assistência ao trabalhador intelectual” (NISKIER, 1989, p.259).

Em 1937, com a nova “Carta Constitucional outorgada ao país pelo Presidente Getúlio Vargas” (NISKIER, 1989, p. 253), as questões culturais foram preservadas.

O texto da Carta Constitucional de 1937, na parte referente à educação, caracterizou-se mais por uma redação um tanto literária e, até certo ponto, utópica, do que pelo tratamento objetivo e jurídico da matéria, não ficando bem especificadas as atribuições da União, dos estados e dos municípios em relação aos problemas da instrução pública no país (NISKIER, 1989, p.277).

Contudo, nos artigos 128 e 134, houve certa preocupação com as Artes, com a preservação da cultura e com o urbanismo do país, mesmo sem um direcionamento mais específico de quem seria a responsabilidade da prática.

Art. 128 – A arte, e ciência e o seu ensino são livres à iniciativa individual e à de associações ou pessoas coletivas, públicas e particulares.

(...)

Art. 134 – Os monumentos históricos, artísticos e naturais, assim como as paisagens ou os locais particularmente dotados pela natureza, gozam da proteção e dos cuidados especiais da Nação, dos Estados e dos Municípios. Os atentados contra eles cometidos serão equiparados aos cometidos contra o patrimônio nacional (NISKIER, 1989, p.278 - 79).

Segundo Ghiraldelli (1998), entre 1946 e 1964 o Brasil foi governado sob uma nova Carta Constitucional. A Constituição de 46 era Liberal e regularizou a vida do país de modo a garantir o desenrolar das lutas político-partidárias ‘dentro da ordem’. Houve no país, então, a duras penas, uma democracia.

Segundo Niskier (1996, p. 311), “[...] a instrução pública fazia parte do Título VI, dedicado à família, à educação e à cultura”. Sempre houve domínio determinante do poder político sobre a formação cultural brasileira. Nestes moldes, em 1961, políticos defensores da melhoria na qualidade do ensino nacional transformaram um projeto educacional em Lei de Diretrizes e Bases, passando a ser conhecida como Lei nº. 4.024/61.

Ela garantiu igualdade de tratamento por parte do Poder Público para os estabelecimentos oficiais e os particulares, o que representou o asseguramento de que verbas públicas poderiam, inexoravelmente, ser carregadas para a rede particular de ensino em graus (GHIRALDELLI, 1998, p. 117).

Registre-se que a partir do texto retro exposto não se viram avanços educacionais, uma vez que parte das verbas públicas foi direcionada à rede particular, o ensino público perdera investimentos.

Ainda, deu-se autonomia às escolas. Significa que organização e direção sobre atividades deveriam se dar de acordo com as normas estabelecidas por quem dirige a escola. Não foi uma Lei ideal, apresentava-se ao ensino público com verba fragmentada. Evidentemente, houve pouco desenvolvimento no processo educativo brasileiro.

Além disto, segundo o parecer do deputado Gustavo Capanema, publicado no Diário do Congresso Nacional, de 24 de setembro de 1961¹, o ensino artístico não foi regulado.

Ao longo de suas páginas, Capanema expõe sua discordância no seguinte registro:

O projeto deve ser difundido ou emendado, para os seguintes fins:

(...)

IV – Dar organização aos demais ramos de ensino, que não foram regulados, como sejam o ensino artístico e o ensino especial. (NISKIER, 1989, p.322).

Em 1967, mais uma Constituição Brasileira entrara em vigor. Com ela, a nova Lei de Diretrizes e Bases nº. 5.540/68 “[...] nunca foi aceita pelos setores progressistas e não chegou a empolgar nem mesmo as parcelas da comunidade acadêmica simpáticas às inovações conservadoras do governo” (GHIRALDELLI, 1998, p. 171).

Assim, sem muitas alterações gerais, mas com maior clareza, a Emenda Constitucional n.º 1, de 1969, foi aprovada. Nela, ampliaram-se os artigos e a educação mais uma vez foi afetada em razão do contexto político e econômico.

¹ Dado não confirmado pela Câmara dos Deputados. Não há publicação do “Diário” a 24/09/61. Fonte: Centro de documentação e Informação – CEDI Câmara dos Deputados – Anexo II Praça dos Três Poderes – Brasília – DF – 70.160-900. 13.09.2006.

Promessas de atualização e expansão do ensino de 1.º e 2.º graus, substituiu a Lei nº. 4.024/61 pela LDB nº 5.692/71 que viera representar a força educacional necessária para construir um Brasil melhor, mais forte em suas diretrizes educacionais.

À Lei nº 5.692/71 incorporaram-se os objetivos gerais do ensino de 1.º e 2.º graus, expostos nos “fins da educação” da Lei 4.024/61, quais sejam: “proporcionar ao educando a formação necessária ao desenvolvimento de suas potencialidades como elemento de auto-realização, qualificação para o trabalho e preparo para o exercício consciente da cidadania” (GHIRALDELLI, 1998, p. 181).

Albergada na mesma LDB/71 Educação Artística substituiu a disciplina Desenho. As mudanças no perfil do ensino sobre questões artísticas e culturais para a formação do aluno, em verdade, reduziram-se à preparação para o trabalho operário em fábricas.

“A arte é incluída no currículo escolar com o título de Educação Artística, mas, é considerada ‘Atividade Educativa’ e não disciplina”. No entanto: trata de maneira indefinida o conhecimento. (PCN-Arte, 1998, p. 26).

A Constituição Federal/1988 veio para que novas Leis e Decretos não se multiplicassem. A idéia era em uma só Constituição reunir a Lei Conjunta da Educação, nova e completa para contemplar o ensino, como um todo, no intuito de fixar parâmetros e princípios nacionais de Educação. Ainda, deu encaminhamento à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional hoje vigente, Lei nº. 9.394/96, e que substituiu a anterior, Lei nº 5.692/71.

Novas perspectivas para o ensino brasileiro são oriundas da Lei n.º 9.394/96, e um capítulo específico estabelece as propostas educacionais para a disciplina Artes e para a disciplina Matemática.

Ora, considerando que este estudo é sobre desenho geométrico, cabe destacar a seguinte problemática aí explicitada: a nova Lei determina que seu conteúdo seja trabalhado na disciplina Matemática, embora, muitas vezes, também seja trabalhado na disciplina Artes. Certamente em cada disciplina a abordagem contém especificidade; por exemplo, em Matemática a ênfase se dá em cálculos e medidas geométricas; em Arte trabalha-se o conteúdo com ênfase em formas geométricas.

Para elucidar a determinação do ensino atual, transcreve-se integralmente o artigo 26 da Lei n.º 9.394/96 a seguir:

Art. 26 – Os currículos do ensino fundamental e médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela.

§1.º – Os currículos a que se refere o caput devem abranger, obrigatoriamente, o estudo da Língua portuguesa e da Matemática, o conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, especialmente do Brasil.

§ 2.º – O ensino da Arte constituirá componente curricular obrigatório nos diversos níveis da educação básica, de forma a promover o desenvolvimento cultural dos alunos.

Acredita-se, para efeito deste estudo, que o ensino de Arte pode ainda contribuir mais, não promover apenas o desenvolvimento cultural, mas também

promover o desenvolvimento do pensamento visual. Esta questão será objeto de esclarecimento posterior.

De fato, no Brasil, com a intenção de estabelecer um ensino amplo e profundo, independente da região, da cultura ou política, estabelecida nacionalmente, elaboraram-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs sugestões para satisfazer tais intenções em todas as regiões brasileiras com o objetivo de construir referenciais comuns ao processo educativo.

Este breve histórico educacional sobre o Brasil foi escrito, então, para elucidar como entrou em vigor a Lei n.º 9.394/96, afinal, a Legislação Educacional não é o foco deste trabalho. Este fato se deve à importância de se situar no tempo e espaço a trajetória do processo educacional até chegar às leis vigentes. Assim, é possível com mais propriedade discutir a proposta aí delineada para o ensino da Arte e da Matemática.

Isto posto não significa que, aqui neste estudo, se considere a nova Lei e os Parâmetros perfeitos; certamente são evidentes as restrições. Mas, será o professor com a equipe escolar a selecionar o conteúdo e a abordagem da aula. Portanto, sugere-se que deve o professor, certamente, tomar os PCNs como mais uma referência de trabalho.

CAPÍTULO II

“[...] cuando llamamos a ciertas cosas ‘hermosas’, admitimos en realidad que ciertas proporciones matemáticas dan nacimiento a esa emoción normalmente asociada con las obras de arte”.

Herbert Read

2.1 A INTER-RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE ARTE E MATEMÁTICA

Herbert Read (2001), uma das autoridades mais reconhecidas na História e Filosofia da Arte, nas décadas de 40 e 50, preocupava-se especialmente com concepções fundamentais da Educação e da Arte. Queria esclarecer as concepções e notificar a Arte como um elemento importante à abordagem educacional. Argumentava que a Arte não devia ser esquecida e sim utilizada como proposta para um ensino de qualidade, para enfatizar o sentimento, a espiritualidade, a criatividade, a sensibilidade. Considerava estes elementos norteadores no processo ensino-aprendizagem.

Em sua obra “A Educação pela Arte”, Herbert Read (2001) defendeu a tese, formulada por Platão, de que a Arte deve ser a base da Educação (p. 01). Salientou a ambição de traduzir a visão do filósofo grego sobre a função da Arte na educação, as necessidades e condições do aluno no moderno processo ensino-aprendizagem.

Segundo Werner W. Jaeger,

A consciência clara dos princípios naturais da vida humana e das leis imanentes que regem as suas forças corporais e espirituais tinha de adquirir a mais alta importância. Colocar estes conhecimentos como força formativa a serviço da educação e formar por meio deles verdadeiros homens como o oleiro modela a sua argila e o escultor as suas pedras, é uma idéia ousada e criadora que só podia amadurecer no espírito daquele povo artista e pensador. A mais alta obra de arte que o seu anelo se propôs foi a criação do Homem vivo. Os Gregos viram pela primeira vez que a educação tem de ser também um processo de construção consciente. (...) A palavra alemã Bildung (formação, configuração) é a que designa do modo mais intuitivo a essência da educação no sentido grego e platônico. Contém ao mesmo tempo a configuração artística e plástica, e a imagem, “idéia”, ou “tipo” normativo que se descobre na intimidade do artista (JAEGER, 2001, p. 13).

Read reforça a tese de Platão com o exemplo sobre uma visita que realizara em uma escola, situada no topo de uma colina e cercada por um bosque, em *Hennepin Country, Minnesota*. Conta que, ao entrar na sala de aula, desde a distribuição das carteiras, passando pela decoração, cujo esquema de cores, percebeu ali a Arte como parte integrante da vida diária, era repousante e agradável ao olhar.

Os valores mais elevados ganham, em geral, por meio da expressão artística, significado permanente e força emocional capaz de mover os homens. A arte detém um poder ilimitado de conversão espiritual. É o que os Gregos chamavam *psicagogia*. Só ela possui ao mesmo tempo a validade universal e a plenitude imediata e viva que são as condições mais importantes da ação educativa (JAEGER, 2001, p. 63).

Para Read, a professora mesma expunha os trabalhos, para evidenciar o equilíbrio de tamanhos e formas de papel num determinado espaço. Trabalhava com temas, para aumentar o grau de dificuldade que a idade dos alunos apresentava. Relatou que, naquela escola, a Arte fazia parte integral da vida, e que os alunos eram conscientizados da beleza que está em todas as coisas (READ, 2001, p. 264).

Ainda, a personagem professora contou sobre o andamento das aulas e como no dia-a-dia os alunos expressavam o senso estético e artístico.

Também referiu que, ao se estudar sobre um país estrangeiro, os alunos aprendem sobre que tipo de roupas é usado, o que é típico nos arranjos das cores, como as formas de expressão artística de um povo são influenciadas pela geografia, os fatos de sua história, suas características emocionais e sua situação econômica. Em todos os estudos sociais, são estudadas as contribuições de arte. (...) A professora vê a arte como uma das áreas do aprendizado, desenvolvido mediante quatro abordagens: a apreciativa, a criativa, a informal e a técnica. (READ, 2001, p. 265).

É possível que na concepção de Herbert Read em “Educação pela Arte”, haja uma espécie de “etnoarte” por analogia à “etnomatemática” e, talvez, num futuro próximo, estes termos possam ser relacionados, pensados e discutidos com mais profundidade.

Atualmente, as premissas constitutivas da Educação pela Arte estão ao menos incorporadas ao vocabulário educacional, mas precisam ser bem entendidas. Apesar disso, não é um conceito institucionalizado tal como o é o termo Arte-Educação. Mesmo assim, tanto a Educação pela Arte quanto a Arte-Educação continuam a ocupar espaço mesmo sem significativo reconhecimento de respectivas premissas.

Arte-Educação e Educação pela Arte contém diferenciadas abordagens epistemológicas e concepções teóricas, compartilham apenas a mesma finalidade: a Arte dentro do sistema educacional (FUSARI & FERRAZ, 1992).

Read (1948) difundiu no Brasil a Educação pela Arte cuja base fundamental é o trabalho criador, não apenas o resultado da criação, mas seu próprio processo visa um movimento educativo e cultural, proposto na nova LDB. Contudo, vai além do que a Lei estabelece, desde que busca um ser humano cuja constituição seja completa, com valorização intelectual, moral, estética, e procura nele despertar consciência individual, sem perder de vista o grupo social no qual está inserido.

Há na Educação pela Arte e a Arte-Educação, em síntese, utopia, direcionada para uma relação subjetiva do ser com o mundo. Com a Arte-Educação cujas premissas metodológicas são fundamentadas nas idéias da Educação pela Arte, a ação educativa passa pelos moldes da Escola Nova; ou seja, para a Escola

Nova, o conhecimento é um instrumento social e ativo com vistas à autonomia intelectual, de modo a que o aluno esteja capacitado a resolver situações-problema impostas bem como formação democrática. Atualmente há um movimento cujo objetivo é valorizar o professor da área, ainda que apenas em busca de novas metodologias de ensino e aprendizagem de Arte nas escolas.

Como neste trabalho não se pretende discutir metodologias de ensino e aprendizagem, como propõe a Arte-Educação, optou-se pela Educação por meio da Arte cuja proposta é um estudo epistemológico da arte albergado por todos os modos de expressão visual, plástica, matemática, entre outros. Com enfoque na realidade, é discutida educação, estética, entendendo esta como preparação do aluno para o 'belo', seja artístico, matemático, intelectual ou natural, de modo a saciar o desejo do equilíbrio, da simetria, da proporção, características presentes tanto nas Artes como na Matemática.

Herbert Read explora, sob visão de totalidade e de democracia, o meio social do ser humano, para conceituar educação e convivência, cuja base é a teoria totalitária e democrática da Educação; idéias metodológicas próprias da Escola Nova, de modo a formar o indivíduo, sem perder de vista a relação do binômio social-pessoal. Além disso, Herbert Read, com sua concepção idealista de sociedade, entende que o objetivo da Educação é, portanto,

[...] desenvolver, juntamente com a singularidade, a consciência social ou reciprocidade do indivíduo. Como resultado das infinitas permutações da hereditariedade, o indivíduo será inevitavelmente único, e essa singularidade, por ser algo que ninguém mais possui, será de valor para a comunidade (READ, 2001, p. 6).

Em verdade, cada qual é aquilo que vive, sente ou fala. Nada acontece por acaso, em tudo há razão de ser, e a individualidade e o conjunto fazem parte dessa razão. Portanto, ao se refletir sobre a própria prática, seja ela social ou profissional, é possível perceber as relações existentes entre as coisas, entre a natureza e a sociedade, o pensamento, atitudes, enfim, tudo dá sentido à vida, que evolui, graças à singularidade e convivência do homem com o meio. Não há mais uma visão cartesiana de mundo, separada em partes para ser vista e compreendida.

Todavia, uma educação libertária, como propõe Herbert Read, significa uma educação que fortaleça o amor, a comunhão de sentimentos e ação; e mais, afirma que é função do professor, ao reforçar as habilidades dos alunos, tornar as aulas mais lúdicas. Entende-se por lúdico um meio de desenvolvimento das habilidades gráficas auto-expressivas.

Essa educação cuja sugestão é um princípio de liberdade, ou seja, um princípio de livre expressão, não é mais concebida como uma urgência no sistema de ensino nacional vigente nem mesmo a retomada da alegria de aprender, o valor ao sentimento, à contextualização.

Maria Cândida Moraes (2004) deseja resgatar esta concepção, com base em uma teoria da Educação integrada a um conceito democrático de sociedade, com a devida complexidade, conforme hoje se vive, em busca de um ensino pensado à totalidade, fundamentado em emoções, sentimento, harmonia e, aí, envolvida a Arte.

Não significa uma visão meramente romântica, mas um projeto educativo democrático cuja concepção resida na realidade, a começar pelas emoções até assumir a forma de sentimentos.

Almejamos um pensamento capaz de conjugar a complexidade, a indeterminação, a diversidade, a criatividade, a incerteza com os processos de auto-organização e de emergência, presentes tanto na realidade biofísica como também nos processos de construção do conhecimento e na aprendizagem (MORAES, 2004, p. 46).

No contexto social nacional, para o ensino visa-se, teoricamente, o crescimento do aluno no sentido de uma Educação essencialmente científica, como uma maneira de chegar ao conhecimento e, conseqüentemente, ao sucesso escolar. Embora isso, no sistema educacional tradicional não se propôs o envolvimento com a reflexão, com o pensamento, com o sentimento; a proposta é sim com a sistematização mecânica dos conteúdos. Nas escolas ainda predominam “[...] as concepções e práticas dos professores [que] são rapidamente absorvidas pela ideologia tradicional e a mudança é anulada”... (BALDINO, 1999, p. 224).

Para Read

Platão tem sido lido e comentado, sendo até mesmo visto como uma das influências filosóficas predominantes no mundo moderno. Entretanto, os conceitos opostos de raciocínio lógico e ciência intelectual se apoderaram do mundo tão firmemente que, ao longo de todo esse extenso período de tempo, nenhuma comunidade ousou colocar em prática os ideais educacionais de Platão (READ, 2001, p. 66).

Quando se aprende a organizar as idéias, as experiências por meio dos sentimentos, e direcionar a Educação para o fortalecimento e para o desenvolvimento destes sentimentos, então, realiza-se a tese de Platão.

A Arte, considerada a harmonia e coerência da Educação, é a síntese do pensamento de Platão.

O fato de ela permear não apenas as coisas feitas pelo homem, enquanto coisas belas, mas também os corpos e as plantas vivas, a natureza e o próprio universo como a harmonia permeia tudo, é o próprio conceito de coerência no universo, esse princípio deveria ser a base da educação [...] (READ, 2001, p. 69 - 70).

O mundo e os seres que nele habitam crescem juntos, quando há certa organização e a relação entre estes seres e o meio. São dependentes um do outro, e o universo no qual habitam se relaciona com o ser humano na medida em que este se permite conhecer, admirar-se e, sobretudo, existir com autonomia.

Objeto e sujeito não podem ser abandonados cada um à sua própria sorte, já que a existência de um implica existência do outro. O mundo do objeto repousa no mundo do sujeito que o concebe; e o sujeito não pode reinar sozinho no mundo de um objeto a ser possuído, manipulado e transformado pelo sujeito, que pretensamente presume ser o senhor e feitor do mundo e da vida. Ambos estão implicados e codeterminados (MORAES, 2004, p. 128).

Nesta perspectiva, a interação sujeito-ambiente é decisiva. A dependência existente entre eles é conclusiva para que a Educação seja o meio da preservação do todo orgânico humano, e venha a ser o viés da integração entre homem e universo, mesmo de forma imaginativa, como propõe Platão. A Educação sob a perspectiva de formar a consciência sensorial da harmonia, do ritmo, que fazem parte do ser e da natureza existentes, que é base formal de toda obra de Arte, para que o ser possa compartilhar de toda graça e beleza orgânica.

Com essa Educação, o aluno consegue perceber e distinguir, muito antes da razão, “[...] o belo do feio, o bem do mal, o padrão correto de comportamento do padrão errôneo, a pessoa nobre da ignóbil” (READ, 2001, p. 75).

A Arte é uma disciplina que pode realizar-se como nenhuma outra disciplina o é capaz, não apenas fruir imagens, mas conceito, sensação e pensamento são integrados, pois universo e natureza detêm um padrão harmônico do qual é possível usufruir durante e para o aprendizado.

Herbert Read entende relevante o valor da arte como meio educativo, embora considere tal valor um dos conceitos mais indefiníveis da história do pensamento humano. Assim, para definir arte, utiliza-se de conceitos compartilhados na matemática.

Herbert Read refere que a obra de arte “assume” forma; mas, em verdade, a forma lhe é atribuída por uma determinada pessoa, o artista. Ainda, sugere que o homem, ao atribuir instintivamente formas elementares às obras de arte, lhes dá as mesmas formas elementares existentes na natureza, formas tais que o olho humano pode ver.

As formas da natureza que o crescimento proporciona: o crescimento dos cristais, dos vegetais, das conchas, dos ossos e carne. Todos esses processos de crescimento assumem formas e proporções definidas (...) o que encontramos são certas equações matemáticas ou geométricas. Muitos séculos atrás, Platão e Pitágoras já encontraram no número a chave para a natureza do universo e para o mistério da beleza. A ciência e a filosofia já sofreram muitas transformações desde essa época, mas o resultado final é o mesmo, servindo para demonstrar que o número, no sentido da Lei Matemática, é a base de todas as formas assumidas pela matéria, seja do tipo orgânico ou inorgânico (READ, 2001, p. 19).

Parafraseando Herbert Read, pode-se afirmar que a Matemática pode ser a base da criação humana e/ou da natureza e está subjacente a todo o modo de criação ou demonstração. Na natureza, muitas são as possibilidades de exploração, seja na área da Arte ou da Matemática. Há determinados aspectos de ordem que, de acordo com certas leis matemáticas, resultam em formas, como é o caso do alvéolo da abelha.

Para efeito de esclarecimento,

O alvéolo da abelha pode ser tomado como exemplo simples. Cada alvéolo de uma colméia aproxima-se de uma figura Matemática perfeita – ou melhor, de uma figura matemática perfeita incompleta, pois um dos lados é deixado aberto. Na linguagem técnica da matemática, trata-se de um prisma hexagonal com um lado aberto ou incompleto, e um vértice triédrico de um dodecaedro rômbo. Além disso, essa forma talvez seja a mais forte estrutura possível para um grupo de células adjacentes, além de, teoricamente, também ser a mais econômica, a que requer a menor quantidade possível de trabalho e cera. Mas não mais se acredita que a economia seja o objetivo dessa configuração mínima: trata-se apenas de uma das características da estrutura (READ, 2001, p. 19).

A forma do alvéolo da abelha resulta da ação automática das forças físicas e não por que as abelhas sejam dotadas de raciocínio como pensavam os antigos filósofos.

Se lembrarmos o alto grau de calor que é gerado dentro da colméia, e a espessura mínima das paredes de cera, então será possível perceber como os alvéolos assumem automaticamente uma forma de regularidade matemática, ou seja, de configuração mínima. O processo pode ser observado soprando-se uma massa de bolhas de sabão em uma tigela de vidro, pois as bolhas tendem assumir a forma de alvéolos hexagonais à medida que suas superfícies entram em contato e pressionam umas às outras. Ocorre um achatamento uniforme, com os lados tendendo a se encontrar em ângulos iguais de 120° (READ, 2001, p. 20).

Herbert Read apresenta muitos exemplos naturais de simetria e assimetria, de proporção áurea, de tridimensionalidade e regularidade e os chama a todas coisas “bonitas”, desde que admite que certas proporções matemáticas fazem surgir emoções em cada um que, normalmente, associa com as obras de arte.

Talvez seja necessário desfazer algum mal-entendido em relação às considerações sobre o alvéolo da abelha, ou seja, a noção de que a beleza das formas naturais é necessariamente retilínea e regular. Sobre a questão, Read argumenta:

Existem outras formas regulares que são curvilíneas, e existem muitas outras formas, talvez a maioria que, embora obedecendo a leis matemáticas reconhecíveis, são irregulares e contorcidas. Do primeiro caso, bons exemplos são fornecidos pelas conformações espirais de muitos crescimentos naturais. As espirais são de mais de um tipo, mas a espiral logarítmica é a mais comumente encontrada na natureza e lindamente representada por certas conchas. Em seu desenvolvimento essas conchas - o argonauta perolado, por exemplo, ou a amonita - obedecem a leis matematicamente uniformes, devido a uma variação entre o índice de crescimento da superfície externa e o da interna do que será, se os índices de crescimento forem uniformes, uma concha tubular ou cônica. As mesmas espirais logarítmicas são encontradas nas plantas, como nos florículos do girassol, nas escamas das pinhas dos pinheiros, ou na disposição das folhas nas hastes da maioria das plantas (filotaxe) (READ, 2001, p. 21).

Ao pensar a Educação, Herbert Read tenta definir Arte com exemplos simples e acessíveis a quem se interessa por Educação pela Arte e por Matemática, já que se estabelece um vínculo muito sensível entre elas. Para ele, a arte está na natureza, por exemplo, na proporção áurea.

Sabemos que muitos organismos – estou pensando particularmente no desenvolvimento das plantas – obedecem a uma série numérica bastante conhecida – 2:3; 3:5; 5:8; 8:13; 13:21, etc. – uma série que tem várias propriedades matemáticas curiosas. Se disposta como frações, por exemplo, o denominador de cada fração é o numerador da seguinte; e cada

denominador é a soma do numerador e do denominador precedentes (...) A presença dessas proporções nas plantas pode ser explicada como resultado da simples operação de forças mecânicas, do mesmo modo que se explicava a forma matemática dos alvéolos das abelhas (READ, 2001, p. 23).

Sob essa perspectiva, o significativo é sensibilizar-se à forma, nas quais se encontram proporções, representadas harmonicamente. Uma obra de arte que se baseia nelas é, invariavelmente, agradável.

A cor é, também, utilizada pelo autor para definir Arte. Ela apresenta certas propriedades visuais que podem ser usadas para sugerir espaço e, portanto, sensação de tridimensionalidade. Pode também ser associativa, pessoas há que associam a cor a temperamento, perigo, estações do ano, para citar alguns.

O aspecto subjetivo da arte é relacionada por Herbert Read à identificação dos elementos que a obra oferece: espiritualidade, desejos, sentimentos... que variam de pessoa a pessoa, pois a arte não se ajusta ao homem, mas este que se ajusta à variedade de produtos artísticos existentes.

A função da imaginação, por revelar-se um fator comum a todos os aspectos subjetivos da arte, é precisamente a que se ocupa da criação das proporções e harmonias abstratas. Expressa-se na música, no desenho industrial e na pintura abstrata ou não figurativa.

A arte é um valor com base nos sentimentos dos artistas, os quais comunicam o que sentem a quem aprecie as obras deles. Grosso modo, é arte expressionista. O artista não registra as próprias observações, mas sentimentos próprios (READ, 2001, p. 26 – 32)

Quando o artista exercita a imaginação, ele realiza combinações de imagens; visualiza e representa o mundo; para tanto, necessita bem compreender o espaço e a forma das coisas que o rodeiam.

“Uma imagem visual é a forma mais perfeita da representação mental onde quer que se faça referência à forma, posição e relações dos objetos no espaço. Ela é importante em toda habilidade manual e profissão em que o desenho se faz necessário” (READ, 2001, p. 56).

A imagem é um elemento fundamental no processo ensino-aprendizagem, e, certamente, proporciona um novo olhar sobre o ensino e sobre a aprendizagem, principalmente, por que faz o homem capaz de inovar a prática docente.

Bronowski (1998) lembra que a imagem mental é fonte de criação, e chama a atenção para a ciência, porque, para ele, a ciência não é uma atividade distinta da imaginação e nem apresenta-se como “a verdade científica” única e verdadeira.

O ato de se produzir as próprias imagens mentais e as relacionar com as experiências pessoais é um meio de criação de um novo repertório pessoal.

Munari (1998) defende que por meio do sistema visual interpreta-se uma cena de diferentes modos; no entanto, isso não significa que haja misturas estranhas no que se vê e/ou que o desenvolvimento da percepção visual imaginária complete as formas para dar unidade ao que aparentemente está espalhado ou se apresente com dupla percepção. Quando a imagem está presente no ensino, ela desenvolve essa percepção enfatizada por Munari.

A imagem promove o desenvolvimento da criatividade e, quando há apropriação dela, amplia-se no observador a capacidade de as produzir e as ler. Assim, o conhecimento é assimilado e, conseqüentemente, se o amplia, sobretudo na medida que cada qual aprecia a própria criação.

O pensamento, por sua vez, tem um lado lógico que guia de maneira segura uma base sólida de organização, seja ela social, ideológica ou natural. E esta organização é necessária para que seja possível produzirem-se respostas.

Então, a educação é o meio de acesso a essa organização e a arte, com percepção estética, apurada e sensível expressão, é algo de que se precisa ter para um se perceber como cidadão. Isto é, sujeitos que podem agir e transformar o mundo, com reação conseqüentemente aos padrões organizacionais externos: política, economia, meio ambiente, que os afetam. Principalmente, por que estar em equilíbrio com o próprio biopsicossocial humaniza o sujeito.

É por estes motivos que o professor deve, à medida em que trabalha em sala de aula, preparar os alunos para que vivam e convivam em sociedade como seres ativos. Sem dúvida, é, pois, por meio da atividade estética que o processo orgânico da integração física, mental e social se amplia. É neste sentido que o princípio estético, para efeito nesta pesquisa, permeia a Matemática e a insere em outras áreas do conhecimento (READ, 2001).

A estética resgata valores que se perderam com o tempo e que são importantes no desenvolvimento intelectual do aluno. Valores que podem ser: morais, artísticos, matemáticos e que a escola deve trabalhar para que o conteúdo seja entendido para além de um conjunto de informações.

Nessa perspectiva, pode-se considerar a educação como um meio de integração social, ou

[...] a preparação da criança para seu lugar na sociedade, não apenas em termos vocacionais, mas espiritual e mentalmente, então não é de informações que ele precisa, mas de sabedoria, equilíbrio, auto-realização, entusiasmo, qualidades que só podem advir de um treinamento unificado dos sentidos para a atividade de viver. Em outras palavras, a escola deve ser um microcosmo do mundo, e a escolaridade, uma atividade que se transforma inconscientemente em vida (READ, 2001, p.256).

Quando a arte faz parte integralmente da educação, o aluno a apreende pela observação de todas as coisas existentes, inclusive a beleza implícita em um cálculo matemático. O ambiente em que vive passa a ser bonito e agradável aos olhos dele. Assim, é conveniente interferir no *layout* da sala de aula e evidenciar que a arte faz parte da vida diária na própria sala de aula, na própria aula, na própria escola.

Neste contexto, exemplifica-se com um trabalho de aplicação sobre o que se pretende ensinar e aprender. Para isso é fundamental ao aluno compreender o conteúdo, para, então, realizar algo, de acordo com o próprio potencial, e, em seguida, se aprendeu o conteúdo, comprovar o conhecimento.

Estes pressupostos perpassam a Metodologia Triangular, ela foi difundida, no Brasil, por Ana Mae Barbosa, nas décadas de 80 e 90. Esta metodologia, segundo Ana Mae, foi inserida na disciplina Educação Artística, com o objetivo de valorizar não só a auto-expressão e a criatividade, mas o fazer artístico, a leitura da imagem e a História da Arte.

Segundo Analice Pillar,

[...] observam-se nas escolas brasileiras, de um lado, professores sem preparação para lecionar Arte-educação, desconhecedores do processo criativo e, de outro, profissionais formados pelas universidades que se limitam a trabalhar na linha da auto-expressão, do espontaneísmo. O ensino da arte realizado nas escolas brasileiras, então, nos melhores casos, tem-se restringido a desenvolver a criatividade, compreendida como espontaneidade e autoliberação. No entanto, as artes têm uma especificidade e muito mais a oferecer às crianças além do desenvolvimento da criatividade. A criatividade está presente em todas as áreas do conhecimento, não sendo, assim, um objetivo exclusivo da arte-educação (PILLAR, 1992, p. 6).

As três vertentes da Metodologia Triangular evidenciam que uma obra de arte é uma forma de conhecimento. Além disso, se o ensino não é estanque, mas sim integrador, quando se adquire um conhecimento, a produção e compreensão se ampliam; há um enriquecimento mútuo; e o pensamento e a imaginação podem, certamente, dar bons frutos no processo ensino-aprendizagem.

Na interação imagem-leitura, o aluno poderá compreender esteticamente o que vê, apropriar-se do conhecimento e daquilo que vê e ampliar a própria compreensão; na discussão sobre o próprio fazer, decompor e recompor, em conjunto com outra disciplina, Matemática, por exemplo.

Assim, na seqüência, discutir a arte e a matemática configura-se em parte fundamental de um processo educativo nas escolas, ambas colaboram com o entendimento da outra.

2.2 A ARTE E A MATEMÁTICA NO PROCESSO EDUCATIVO

Na relação professor-aluno, relevante para este estudo, não é simples transposição do conhecimento ou repetição programada, acontece realmente a

aprendizagem, quando o processo de ensinar supera a simples apresentação de informações e torna-se processo de formação e criação.

Nesse processo educativo, a arte exige que o professor, além do conhecimento específico da área de atuação, detenha um conhecimento mais amplo e aí se inclua o desenho. Entende-se "desenho" como representação por meio de linhas e sombras, o que dá forma ao pensamento, de modo que possa contribuir mais e melhor para a compreensão dos conceitos, especificamente no caso da Matemática.

Tal como Herbert Read, para efeito neste estudo, não se é favorável ao ensino das disciplinas isoladamente, mas sim interdisciplinarmente. De fato,

[...] uma disciplina funde-se com outra, tornando arbitrária qualquer divisão entre elas. Como a história pode ser explicada sem a geografia, ou a geografia sem a economia política, ou a economia política sem a filosofia natural, a filosofia natural sem a matemática e a geometria? (READ, 2001, p. 256).

O saber escolar não é relegado ao esquecimento, mas melhor aproveitado como uma etapa importante na formação integral do homem. Para tal, deve ser conjugado e sempre abordado com outras práticas e em práticas de construção coletiva.

Mais do que estabelecer ou instigar querelas entre as modernas e as tradicionais práticas pedagógicas, propõe-se uma fusão, um aproveitamento delas.

Nesse sentido, busca-se nas artes a possibilidade de uma aprendizagem dinâmica, pois, o desenho e as diversas imagens que o cercam, é algo presente na vida do homem.

Não se sabe quando ou onde alguém formulou pela primeira vez, em forma de desenho, um problema que pretendia resolver – talvez tenha sido um “projeto” de moradia ou templo, ou algo semelhante. Mas esse passo representou um avanço fundamental na capacidade de raciocínio abstrato, pois esse desenho representava algo que, todavia não existia e que ainda viria a se concretizar. Essa ferramenta, gradativamente aprimorada, foi muito importante para o desenvolvimento das civilizações, como a dos babilônicos e a dos egípcios, os quais, como se sabe, realizaram verdadeiras façanhas arquitetônicas (CURRÍCULO BÁSICO, 1991, p. 365 - 372).

Pois bem, salientou-se a importância da arte no processo da construção do conhecimento; afinal, se ela participa à formação humana, é, portanto, também um elemento educativo! Dentro deste contexto é possível pensar a aplicabilidade do Desenho Geométrico. A educação pela matemática representa um vetor significativo para a civilização humana (apontam-se os avanços tecnológicos); por isso é necessário desenvolver, no campo educacional, possibilidades de parcerias entre Matemática, Arte, História, por exemplo, e propor aos alunos um ensino cujo eixo seja uma mesma concepção de conhecimento, educação e sociedade.

A história mostra, também, a contribuição dos antepassados na educação pela matemática; e, nesses primórdios, buscaram-se origens matemáticas, pois “indicam um avanço com relação à percepção dos conceitos e propriedades geométricas” (MIORIM, 1998. p. 6).

Artefatos de antepassados, como revela o professor Paulo Tarso S. P. Coelho em seu artigo “A imagem na educação”, também, evidenciam a presença da arte na vida humana:

[...] A idéia de escolas de arte é reforçada por outros achados, em diferentes sítios, onde foram encontradas quantidades enormes de pedras com incisões, desenhos e pinturas. Em alguns lugares se contavam às centenas e em outros, muito mais de mil. Em muitas pedras os desenhos são irreconhecíveis, em outras havia mais de uma figura; em algumas era possível perceber a correção de determinados traços. A variedade era muito grande; encontraram-se desenhos e pinturas claramente feitas por aprendizes junto a outras com grande qualidade artística. O que levava o homem a produzir essas obras? Quando começaram os primeiros estudos, criaram-se várias teorias interpretativas. Uma delas era a da magia propiciatória. O artista pinta o que o grupo (a tribo) quer que aconteça. Fixar a imagem dos animais na parede é como garantir que não abandonarão aquele território, que estarão por perto para a próxima caçada. Outra interpretação diz que o homem produzia essas obras para garantir a procriação e manutenção daquela fauna que o artista reproduzia, as fêmeas prenhes. Outras interpretações associam as grandes pinturas a rituais e cerimônias mágico-religiosas realizadas nas cavernas. Podemos pensar em rituais de iniciação para os jovens caçadores, com fins didáticos ou muitos outros. (Coelho, 1998, p.36).

Portanto, é bem possível a existência de atividades educativas nesse período, evidentemente, muito diferente do modo como se as entende hoje. Ainda assim, é claro, entende-se que havia, por exemplo, base nos conhecimentos artísticos dos mais experientes. Acredita-se que com o passar dos anos, os aprimoramentos artísticos foram conseqüências da busca incessante para suprir as necessidades e que a arte e a matemática, juntas, também, respondem a tal. O homem fez e ainda faz arte, também fez e continua a fazer matemática, não somente para sobreviver, mas para viver mais plenamente em sua humanidade.

O ambiente do aprendizado, em meados do século XV, combinava elementos da prática pedagógica das oficinas com o conhecimento humanista. Sua duração, como na Idade Média, girava também em torno de oito a dez anos. No entanto, esse período não era apenas dedicado ao domínio do ofício. O local de trabalho era, também, um ambiente fecundo de debates, onde informações sobre as antiguidades grega e romana, traduções dos escritores clássicos e idéias dos antigos filósofos se faziam presentes no cotidiano do aprendiz. Além do treinamento manual, para o domínio dos instrumentos e técnicas artísticas, o futuro artista obtinha noções de anatomia, geometria, perspectiva, relacionando esses conhecimentos com a filosofia clássica e as ciências naturais. O domínio de tais conteúdos era extremamente importante

para uma expressão artística que tinha o ideal de harmonia estética ligado de forma estreita às relações matemáticas (OSINSKI, 2001, p. 27).

Na arte e na matemática o uso da intuição sempre foi imprescindível para a realização de descobertas, na busca de avanços qualitativos e não só quantitativos. Ambas apresentam, em sua especificidade, contribuição: uma a beleza estética da representação; a outra, a beleza estética do raciocínio.

Dentre as diferentes manifestações culturais de nosso grupo social, podemos pensar nas obras de arte como expressão, não só de um sentimento momentâneo do autor, mas como expressão de uma reflexão pessoal, através também de formas e relações geométrico-matemáticas estabelecidas, mesmo que intuitivas. Levar o aluno a descobrir nas obras de arte estas relações faz com que ele relacione sua intuição com seu pensamento lógico (LIBLIK, 1996, p. 14).

No Brasil, o ensino da Matemática chegou junto com os Jesuítas, como já se o disse inicialmente. Embora de forma precária se expandiram, por causa das invasões constantes à Colônia brasileira. A necessidade da formação de técnicos e militares, com conhecimentos matemáticos, foi importante, pois era deles que os domínios portugueses dependiam.

Com o passar dos anos e o crescente interesse por essa ciência, os livros didáticos surgiram. Quando José Fernandes Pinto Alpoim, militar português, chegou ao Brasil (1738), os conhecimentos matemáticos que detinha foram essenciais para uma nova fase na Educação. Entre 1744 e 1748, Alpoim escreveu duas obras², os primeiros livros didáticos de matemática escritos no Brasil e que deram origem à matemática hoje ensinada na Escola Básica (VALENTE, 2003. p. 217 – 220).

² Exame de Artilheiros e Exame de Bombeiros

Embora os livros didáticos de Alpoim se destinassem à formação militar, os textos eram de caráter didático-pedagógico. É, ainda, um momento em que nem se cogitava a função didática das Artes.

O ensino do saber matemático sofreu grandes mudanças, somente no início do século XX; desse modo, as alterações nos livros didáticos de matemática se consolidavam numa disciplina cujos volumes eram diferentes para cada série escolar e passou a fazer parte do Currículo Escolar brasileiro. Deslocou-se o foco militar da matemática para o estatuto do conhecimento matemático (VALENTE, 2003), mas as transformações não pararam. Hoje, no século XXI, profissionais da Educação ainda buscam aperfeiçoar essa disciplina. O entusiasmo pela Educação Matemática aumenta. O aperfeiçoamento intelectual e artístico caminha juntamente com ela.

Assistimos a um novo momento histórico da disciplina. Inaugura-se, ao que parece, com os Parâmetros Curriculares Nacionais, mais um trajeto a ser percorrido pela Matemática escolar. Novas didáticas, novas concepções para o ensino da disciplina, novos objetivos (VALENTE, 2003. p. 250).

Portanto, a contribuição da arte para o ensino-aprendizagem de matemática, considerando uma articulação e um diálogo com as diversas áreas do conhecimento, é possível e viável. A partir disso, buscar um ensino de qualidade para formar alunos críticos que possam exercer, no ambiente em que vivem, a cidadania que lhes é devida com sabedoria, raciocínio lógico, percepção e criatividade é, sobretudo, valer-se da inteligência.

Por meio da arte pode-se obter uma síntese sensível da história de um povo: determinadas épocas realçavam e valorizavam certos elementos das obras de arte.

O contexto evidencia uma arte ora mais intelectual ora mais sensível; às vezes mais dinâmica; em outras, mais estática; nem sempre apresenta um equilíbrio mais rígido; assim também nem mais flexível. É que o gosto estético reflete não apenas as emoções do artista, mas também a influência do meio social em que vive.

Consciente ou inconscientemente, o ser humano, pelo desejo de materializar as próprias necessidades, produz arte. Formações diferentes se associam no cotidiano, interligando as ciências humanas e as exatas. Assim, arte e matemática só podem trazer benefícios e a riqueza em conteúdos pode se complementar através do Desenho Geométrico, que relaciona as formas com suas representações gráficas.

O desenho geométrico contribui poderosamente para o desenvolvimento das faculdades intelectuais, porque os exercícios gráficos, devidamente selecionados e relacionados com outras atividades, fornecem sempre ao indivíduo, um meio preciso e seguro de observar e registrar suas observações, em qualquer profissão ou ocupação (...) é essencial para que não haja bloqueio das capacidades de planejar, projetar e abstrair, estabelecendo assim, uma relação contínua entre a percepção visual e o raciocínio espacial (KALTER, 1986, p. 01).

O artista sente-se estimulado a obter a forma em sua pureza (perfeição) e pesquisa na matemática soluções para encontrar a pureza das formas. Aliás, Platão já defendia que as formas puras são encontradas nos cubos, cilindros e outros sólidos geométricos. Aristóteles, por sua vez, defendia o círculo e as esferas como formas perfeitas.

De maneira simplista, poder-se-ia dizer que a geometria, ramo da Matemática, é a ilustração das estruturas abstratas da Matemática. Falar em geometria e representar essa ciência através de desenhos é falar em desenho geométrico, se entendido como ápice do desenvolvimento cognitivo visual, via representação gráfica. (LIBLIK, 1996, p. 12).

Junto com a arte a matemática permite melhor entendimento dela e conseqüente assimilação de seus conteúdos. O ato de desenhar envolve um raciocínio ao ligar, pela experiência pessoal que se possui, aquilo que se acaba de aprender com o conhecimento já adquirido, de tal modo que, dessa forma, se aprende o que era antes desconhecido e aparentemente difícil de entender.

2.3 ARTE E MATEMÁTICA NAS OBRAS DE ALGUNS ARTISTAS

Arte e matemática têm conexões possíveis, elas nos possibilitam um pensar próprio. Se se interagir a arte e matemática, há, então, possibilidades de inovar e organizar o pensamento, e contribui para a forma de agir. Quando isso acontece, exercita-se a cidadania. Então, cidadania, conforme entendimento para este estudo, é um agir sobre as coisas com autonomia.

A escola é o local que oferece condições para que isto aconteça. A matemática e a arte podem colaborar para que aspectos cognitivos sejam trabalhados neste sentido. Assim, cada qual pode se tornar pessoa consciente e autônoma para decisões e práticas de cidadania.

Com a arte e com a matemática, tratadas de forma interdisciplinar, pode-se intervir no processo ensino-aprendizagem e realizar uma prática na qual os conceitos artísticos e matemáticos podem, de forma integrada, contribuir para a construção do conhecimento e desenvolvimento da inteligência.

Em verdade necessitamos, para aprender e desenvolver a percepção visual, de uma concepção crítica de ensino e de aprendizagem. Não se concebe mais um aluno que simplesmente copie, imite, repita mecanicamente e reproduza

informações desvinculadas da realidade cotidiana. Convém que ele venha a compreender as interações sociais das quais participa, tome decisões, identifique problemas, compare idéias, construa conceitos e propostas de intervenção na realidade. Estes princípios, propostos na LDB n.º 9.394/96, vêm ao encontro as exigências de uma sociedade em contínua transformação.

Assim, a arte tem a possibilidade de ser uma via de busca dos aspectos globais do ser humano.

A Arte não é apenas básica, mas é fundamental na educação de um país que se desenvolve (...). Não é possível uma educação intelectual, formal ou informal, sem a arte, porque é impossível o desenvolvimento integral da inteligência sem o desenvolvimento do pensamento divergente, do pensamento visual e do conhecimento representacional que caracterizam a arte. Se pretendermos uma educação não apenas intelectual, mas principalmente humanizadora, a necessidade da arte é ainda mais crucial para desenvolver a percepção e a imaginação, para capturar a realidade circundante e desenvolver a capacidade criadora necessária à modificação dessa realidade (BARBOSA, 1991, p. 4-5).

Além de instigar a sensibilidade, a imaginação, a intuição e a percepção, tanto a arte quanto a matemática contribuem para que os diferentes sujeitos construam conceitos como: razão, proporção, simetria, regularidade, continuidade, equilíbrio, repetição, perspectiva, entre outros. Artistas, como Da Vinci, Michelangelo, Picasso, Kandinsky, Volpi, Magritte, Escher, Clark, entre outros, fizeram uso de conceitos para a realização de suas obras. E o Desenho Geométrico é a base delas.

A matemática e a arte nunca estiveram em campos antagônicos, pois desde sempre caminharam juntas, aliando razão e sensibilidade. Na verdade, podemos observar a influência mútua de uma sobre a outra desde os primeiros registros históricos que temos de ambas. Essas duas áreas sempre estiveram intimamente ligadas, desde as civilizações mais antigas, e são inúmeros os exemplos de sua interação. Muitos povos utilizaram elementos

matemáticos na confecção de suas obras: os egípcios com suas monumentais pirâmides e gigantescas estátuas; os gregos com o famoso Parthenon e com seus belíssimos mosaicos; os romanos com suas inúmeras construções com formas circulares, entre elas o Coliseu (FAINGUELERNT, 2006, p. 18)

Portanto, nada mais oportuno que conhecer um pouco da vida e obra desses artistas, acima citados, que se valeram da Matemática, mesmo que intuitivamente no âmbito da Arte.

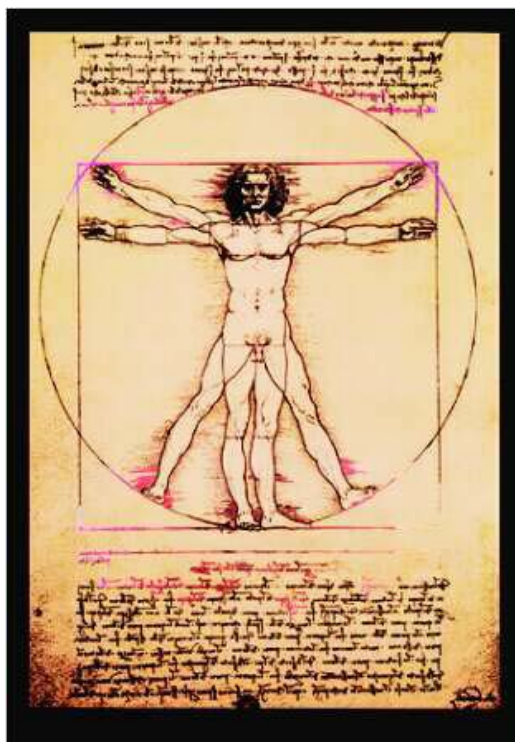
As anotações de Leonardo Da Vinci (1452-1519) revelam preocupação com uma multiplicidade de assuntos diferentes. Anatomia, arquitetura, engenharia, pintura e seus estudos e uso de perspectiva são considerados insuperáveis. Ele pôde criar seus quadros com um aspecto tridimensional, utilizando a bidimensionalidade e revelar uma grande habilidade com o desenho geométrico.

Não se sabe dele muito mais sobre a educação e formação, mas detinha conhecimento para além de fontes tradicionais e provém da observação pessoal e da aplicação prática das suas idéias. Seus desenhos combinavam uma precisão científica com um grande poder imaginativo, refletindo, assim, os interesses próprios que eram desde a biologia e passavam à fisiologia, à hidráulica, à aeronáutica, até à arte e à matemática.

Da Vinci representou o corpo humano inserido na forma de um círculo e nas proporções de um quadrado. Ele dizia que nenhuma investigação humana podia ser considerada ciência se não abrisse o seu caminho por meio da exposição e da demonstração matemática. Pensadores do século XV viam certa perfeição matemática na forma humana. Cabe destacar que o pensador e filósofo Luca Pacioli

usou esta imagem, produzida por Da Vinci, na ilustração de seu livro “A Divina Proporção” (1509).

Figura 1: “O Homem Vitruviano”.



Fonte: <http://www.poster.de/Da-Vinci-Leonardo/Da-Vinci-Leonardo-II-Corpo-Umano-2400664.html>. Acessado a 24/07/06.

Nessa mesma época há, também, Michelangelo di Ludovico Buonarroti Simoni, popularizado como Michelangelo Buonarroti (1475-1564). Escultor, pintor, arquiteto, poeta e engenheiro, representa o modelo de gênio da Renascença cujo talento transcende o tempo e continua a ser fonte de inspiração e influência para artistas contemporâneos.

Entre 1508 e 1512, Michelangelo trabalhou a pintura do teto da Capela Sistina, Vaticano. Por se declarar arquiteto, relutou em aceitar o convite para pintar a Capela; porém, a decoração do teto, projetada por ele, reflete uma série de

elementos arquiteturais, nos quais enfatiza o equilíbrio das formas e o ilusionismo que emolduram personagens e eventos bíblicos. A perspectiva fazia parte da construção da obra, e, além do equilíbrio e harmonia, o trabalho expressa outros valores daquela época: a racionalidade e a dignidade do ser humano.

Figura 2: “O juízo final” - Capela Sistina



Fonte: <http://piano.dsi.uminho.pt/~rvs/interail/vaticano.html>. Acessado a 24/07/2006.

A arquitetura daquela época apresenta em comum com a arte formas equilibradas. Filippo Brunelleschi (1377-1446) foi um dos arquitetos que pela primeira vez projetou edifícios que expressam o ideal Renascentista, estilo de época. Coube a Brunelleschi, em 1420, a tarefa de projetar uma abóbada da Catedral de Santa Maria Del Fiore sobre um espaço já construído em forma de um octógono.

A partir de estudos do Panteão e de outras cúpulas romanas, ele chegou à conclusão de que seria possível construir o domo de Santa Maria Del Fiore, assentando-o sobre o tambor octogonal formado pelas paredes de pedra já

construídas. A solução ficou tão integrada ao edifício que parece ter sido concebida pelo mesmo arquiteto que projetou originalmente a catedral. Mas a concretização da harmonia e da regularidade, como consequência das regras de geometria descobertas e aplicadas por Brunelleschi no princípio do século XV - é mais evidente na Capela de Pazzi, em Florença. Comparada às grandes construções do período gótico, a Capela Pazzi é um edifício pequeno. Mas foi construído segundo princípios científicos tão precisos, que parece testemunhar a potencialidade de que dispõe o ser humano. Nessa obra, Brunelleschi alcançou plenamente os objetivos da arquitetura renascentista. Aí, já não é o edifício que possui o homem, mas este que, aprendendo a lei simples do espaço, possui o segredo do edifício (ZEVI, 1978, p.73).

Figura 3: “Capela dos Pazzi”



Fonte: <http://www.pegue.com/artes/2tempos.html>. Acessado a 24/07/2006.

No Renascimento (século XV), a perspectiva ganhou vida com o italiano Da Vinci. Somente com as pinturas do artista francês Paul Cézanne (1839-1906), por exemplo, que não utilizava em suas pinturas essa técnica da perspectiva, rompeu-se com este sistema.

As sensações de volume e distância eram obtidas por ele de forma original, através de um jogo que sua pintura realizava com diferentes cores. Cézanne simplificava as figuras que via, até transformá-las em sólidas formas

geométricas, como círculos, cubos, cilindros e cones (FAINGUELERNT, 2006, p. 21).

Deste ponto de vista, a relação da matemática com a arte fica bem clara, pois mostram que contém características e formas de perspectiva muito particulares. Cézanne, um dos mais importantes artistas modernos, criou um novo conceito de espaço fragmentado, e uma nova realidade pôde ser criada. O espaço fragmentado, representado por ele, implica substituir o tradicional conceito de arte do Renascimento por novas relações espaciais do mundo exterior, ou seja, uma estruturação geométrica das formas que via no mundo.

Para referir Cézanne, antes evidencia-se que no Impressionismo o desenho (contorno) é deixado de lado, o volume é que sugere o contorno, e o claro-escuro abandonado, assim como os contrastes fortes. As pinceladas são curtas e interrompidas, as cores que vigoram são, azul, verde, amarelo, vermelho, laranja e violeta. Os tons terra são excluídos.

Embora influenciado pelo impressionismo, Cézanne propôs obras fortemente estruturadas nas quais utiliza formas geométricas simples e sucessões de planos. Abandonou o ponto de vista único, abriu caminho para a arte propriamente contemporânea e, mais particularmente, para o cubismo.

Figura 4: “Natureza-morta com maçãs e laranjas”



Fonte: http://www.northark.edu/Art/modern/catalog_data/27.html. Acessado a 24/07/2006

Para referir Wassily Kandinsky, impõe-se a necessidade de descrição breve sobre a arte abstrata.

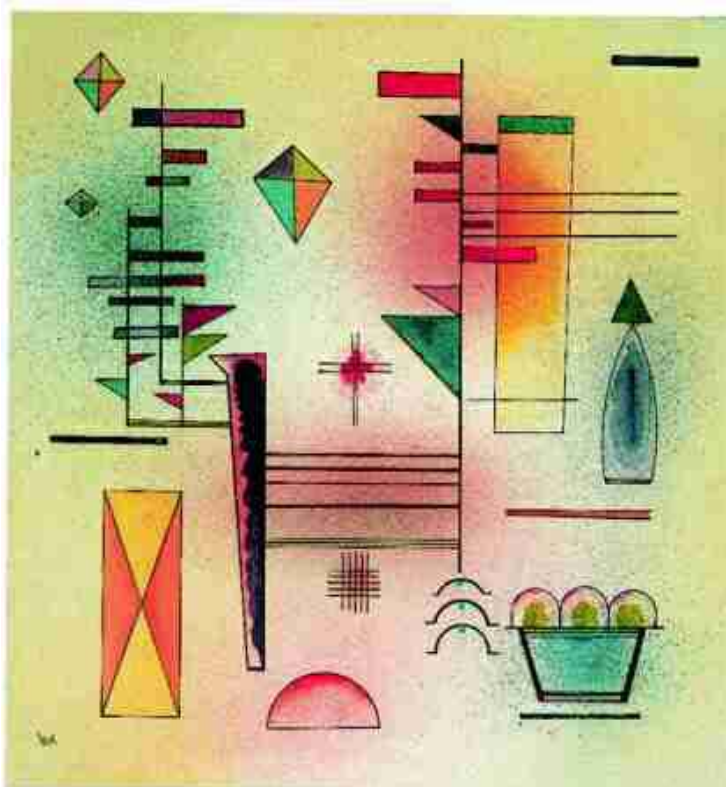
A arte abstrata surgiu em princípios do século XX e, como movimento artístico e grosso modo, rompe com a representação imediata dos objetos. A principal característica é o abandono total da representação de imagens e abre espaço para interpretações subjetivas. Há uma ruptura epistemológica na forma de representação da realidade, pois supera a mera descrição da realidade externa.

Wassily Kandinsky (1866-1944) pintor e escritor, nascido em Moscou, Rússia, foi um dos mais influentes pioneiros da arte abstrata. Dominou a pintura moderna nas suas duas tendências principais: o abstracionismo informal, por meio do qual o artista expressa sentimentos e idéias do mundo interior de forma espontânea; ou seja, é a prática da vontade de livre expressão impulsiva, pois evita

copiar ou imitar a natureza. E o abstracionismo geométrico, no qual a base da composição são linhas que, para este artista é movimento, sem expressar mais emoção, mas sim valores intelectuais por meio das figuras geométricas.

Observe-se, a seguir, uma das obras de Kandinsky:

Figura 5: “Klangvoll”



Fonte: www.art.com/.../pg--18/Wassily_Kandinsky.htm. Acessado a 24/07/2006.

Não se pode deixar de citar, também, Pablo Ruiz y Picasso (1881 – 1973): nasceu na Espanha, filho de um mestre de desenho, com quem iniciou estudos artísticos. Trabalhou com George Braque e Joan Miró, deu início ao conhecido movimento Cubismo. Como técnica, o Cubismo é a reprodução de uma imagem vista simultaneamente de perspectivas variadas.

O primeiro quadro cubista pintado por Picasso foi “*Les Femmes d'Alger (O Jovem Oureba)*” (1907). Nesta obra, podemos apreciar figuras distorcidas e planas, e todas as formas são mantidas na superfície do quadro. Nesta obra, Picasso fragmentou as figuras e recompôs algumas faces e como podemos ver, não há perspectiva, mas, sim ilusão de tridimensionalidade, num espaço sem a tradicional profundidade decorrente do Renascimento. As formas sólidas são organizadas, retratadas com as cores preto, cinza, ocre e marrom.

Figura 6: “*Les Femmes d'Alger (O Jovem Oureba)*”



Fonte: <http://www.museovirtuale.net/Picasso.html>. Acesso em 24/07/2006.

Uma das obras mais celebradas de Picasso é “*Guernica*”, produzida para a Exposição Universal de Paris de 1937. O quadro retrata claramente os pensamentos e emoções de Picasso com relação à Guerra Civil espanhola. O artista utilizou temas mitológicos para protótipos e formas geométricas.

Em “Guernica” pode-se apreciar a simetria e a analogia, conceitos comuns a matemática e a arte; observam-se, no eixo médio do muro branco, as “pilastras” verticais, à esquerda do touro; e da figura com os braços erguidos, à direita; a analogia está entre a figura do touro com seus chifres e os braços da figura levantados. Há aqui um raciocínio matemático muito forte, porém não dedutivo, pois lida com a intuição e, neste momento, percebe-se, portanto, a conexão que se realiza com a arte. É composta, também, por perspectiva, quando em primeiro plano se observam as figuras dos caídos, os planos perspectivados do fundo e a abertura da janela ao fundo direito da tela.

Figura 7: “Guernica”.



Fonte: <http://lacucaracha.info/scw/9820/guernica.htm>>. Acessado a 24/07/2006.

.As obras cubistas dão visibilidade a um novo conceito de espaço, embora coerente, fragmentado, a apresentação de uma nova realidade, e, por meio da simplificação das linhas, e das formas, e a torna a mais geométrica. É uma das características da arte contemporânea.

Outros movimentos artísticos tais como o Concretismo e o Neoconcretismo, também evidenciaram o uso de princípios matemáticos.

O movimento concretista tem como seu principal representante Max Bill, que acreditou ser possível desenvolver uma arte de ampla base matemática. Ele participou da 1.^a Bienal do Museu de Arte Moderna de São Paulo (1951), quando ganhou o primeiro prêmio em escultura com uma obra que apresenta muitos conceitos matemáticos.

Figura 8: “Unidade Tripartida”

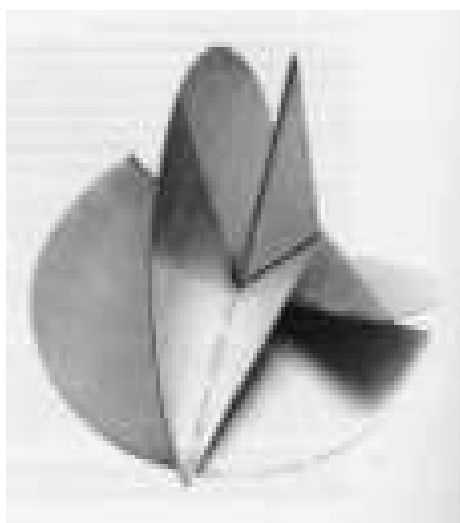


Fonte: <http://www.icmc.usp.br/~walmarar/artmat/maxbill.html>. Acessado a 24/07/06.

Lygia Clark (1920 – 1988) nasceu em Belo Horizonte, MG, foi integrante do Grupo Frente (núcleo de jovens artistas cariocas que ansiava por novas descobertas) e responsável pela realização de peças, a princípio, de tendência abstrata, mas, que atingiram uma inovadora percepção do espaço. Suas obras remetem ao movimento, à tridimensionalidade, às várias opções de um simples traço.

Clark evidencia um profundo conhecimento dos conceitos matemáticos. Com as estruturas de placas de metal, as quais deu o nome de “Bichos”, convida o espectador a manipulá-las; pois, por serem unidas por dobradiças, acentua as relações espaciais do plano, e introduz a idéia de movimento.

Figura 9: “Bichos”



Fonte: <http://www.satmundi.com/tese/top2/bicho.htm>. Acessado a 24/07/2006.

A forma geométrica tem forte presença nesta obra de Clark; isto é, além do eixo central da obra não perder sua dinâmica, o apreciador pode tocá-la, dando ele mesmo, à escultura a forma que melhor lhe agrade. É evidente a inter-relação entre o fruidor da obra e a obra propriamente dita. O espectador, quando manipula a obra, mesmo que intuitivamente, percebe que a obra mantém sua estrutura geométrica mesmo com diferentes movimentos.

Por outro lado, o Surrealismo, desenvolvido a partir da década de 1920, traz inovações, pois, a obra de arte para esses artistas “não é o resultado de manifestações racionais e lógicas do consciente” (PROENÇA, 2003, p. 166), ela é

resultado de criações artísticas irreais, ilógicas, e apresenta aspectos da realidade associados ao inexistente.

Um dos representantes do Surrealismo foi René Magritte cuja arte dá visibilidade ao olhar e ao caráter altamente incerto de tudo o que é representado, pois, instiga o observador a um olhar dinâmico, aguçando sua percepção visual.

Magritte, em vez de procurar uma maneira mais ou menos nova e original de pintar ou de inventar novas técnicas, preferia chegar ao fundo das coisas, usar a pintura como um instrumento de pensamento e de sabedoria filosófica como um meio de reconhecimento inseparavelmente ligado ao mistério, ao inexplicável (PAQUET, 2000, p. 84).

Na obra “Carta Branca” (1965) Magritte propõe o ilusório mesclado com o visível:

Coisas visíveis podem ser invisíveis. Se alguém cavalga por um bosque, a princípio vemo-lo, depois não, contudo sabemos que está lá. Em Carta Branca, a amazona oculta as árvores e estas ocultam-na. Todavia, aos nossos poderes de pensamento abrangem tanto o visível como o invisível – e eu faço uso da pintura para tornar os pensamentos visíveis (MAGRITTE apud PAQUET, 2000, p. 45).

Figura 10: “Carta Branca”.



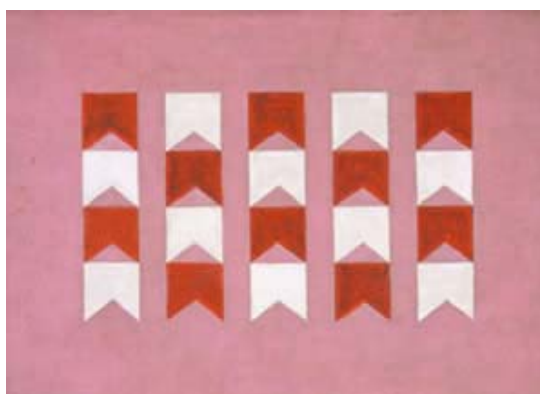
Fonte: <http://www.panoptikum.net/optischetaeuschungen/rene-magritte>. Acessado a 24/07/2006

As obras de Maurits Cornelis Escher, embora não sejam surrealistas, sugerem o inexplicável, o ilusório - fato atraente e instigante. Foram escolhidas para serem analisadas com especificidade neste trabalho, exatamente porque em alto grau possuem conceitos matemáticos, abrangentes, advindos desde a arte do Renascimento até a arte contemporânea. Estiveram sempre à frente do seu tempo. Escher fez uso de conceitos artísticos e estéticos provenientes da Matemática e da óptica.

No entanto, não se pode, antes de se deter às obras e entender o processo imaginativo de Escher, deixar de citar o artista Alfredo Volpi (1896-1988). Este artista apresentou em suas obras o Desenho Geométrico não matematicamente calculado, mas, a forma geométrica é representada de maneira plástica, ou seja, há sugestão de formas geométricas sempre muito bem trabalhadas plasticamente.

Volpi foi um pintor brasileiro de origem italiana e é considerado um dos artistas mais importantes da segunda geração do Modernismo. Nos anos 50 do século XX, representou em suas obras a abstração geométrica, com a série de bandeiras e mastros de festas juninas.

Figura 11: “Bandeirinha”



Fonte: www.miniweb.com.br/.../INFO/em/artistas.htm. Acessado a 24/07/2006

Todos esses artistas citados propuseram, mesmo que indiretamente, uma arte conjugada à matemática. Em suas obras, há a nítida sensação de se ver padrões, repetições, ou seja, questões características da ciência matemática. Mostram, mesmo sem ser proposital, que o conteúdo da arte e da matemática, muitas vezes, trabalhado paralelamente pode contribuir para um trabalho educacional consistente e eficaz na construção do conhecimento de ambas áreas.

CAPÍTULO III

“A Arte não reproduz o visível, torna
visível”.

Paul Klee

3.1 MAURITS CORNELIS ESCHER

Maurits Cornelis Escher nasceu, a 1898, em Holanda, faleceu em 1972. Dedicou-se às Artes, especificamente às artes gráficas, que consiste na criação, produção e reprodução de obras originais por meio da técnica da gravura. Também faz parte desta arte a tipografia, o *off-set* e outras técnicas de impressão e acabamento, realizadas por meios mecânicos ou artesanais.

O ingresso na Escola de Belas Artes de *Haarlem* para estudar arquitetura foi o meio que levou Escher a entrar em contato com as Artes gráficas. Lá conheceu Jesserum de Mesquita, professor judeu de origem portuguesa, que se tornou seu mentor e mestre. A paixão de Escher pelas gravuras foi tão forte que abandonou a arquitetura e passou a dedicar-se às artes gráficas.

Ao terminar seus estudos, viajou pelo mundo. Foi à Espanha, à Itália, e fixou-se em Roma onde se dedicou por completo ao trabalho gráfico. Mais tarde, por razões políticas, mudou-se para a Suíça, depois à Bélgica e, em 1941, retornou a Holanda.

Durante as viagens, conheceu e vivenciou diferentes culturas nas quais muito se inspirou, e, principalmente, quando visitou Alhambra, em Granada, observou lá os mosaicos *nazaris*. O contato com a arte hispano-árabe muito o fez curioso a ponto de estudar e tentar reproduzir para si figuras geométricas de um plano em divisão regular.

Por meio de um estudo sistemático e de processo de experimentação e criatividade, Escher descobriu diferentes combinações geométricas. Apresentou

descobertas por meio das técnicas das artes gráficas, representações de mundos surreais, ou seja, inexistentes na natureza.

Durante o trabalho com gravuras, Escher diferenciou, segundo Ernst (1991), três temas: estrutura do espaço; estrutura da superfície e representação pictórica da relação entre espaço e superfície plana.

O primeiro tema, a estrutura do espaço, apresenta-se em três categorias: composições paisagísticas, interpenetração de mundos diferentes e sólidos geométricos abstratos.

Ao segundo tema, a estrutura da superfície, há a base para três grupos de gravuras: metamorfose, ciclos e aproximação ao infinito.

Ao terceiro e último tema, representação pictórica da relação entre espaço e superfície plana, há, mais uma vez, três grupos de gravuras: a essência da representação (conflito espaço-superfície), perspectiva e figuras impossíveis.

Certamente aqui não se abordarão os três temas; por hora, há de se deter em apenas duas categorias: os sólidos geométricos abstratos e as figuras impossíveis.

Escher cedo se viu confrontado com a situação de conflito que é própria de qualquer representação espacial: três dimensões têm de ser representadas num plano bidimensional. Deu expressão ao seu próprio espanto sobre este facto, nas suas “gravuras de conflito”. Investiga criticamente as leis da perspectiva, aceites desde a renascença, para a representação do espaço e encontra novas leis que ele ilustra nas suas gravuras de perspectiva. A sugestão espacial sobre a superfície pode ir tão longe que sobre um plano são sugeridos mundos que não podem existir em três dimensões. A imagem aparece como a projecção dum objecto tridimensional sobre uma superfície; porém, é uma figura que não poderia existir no espaço (*sic*) (ERNST, 1991, p. 20).

Talvez seja possível interpretar as retro mencionadas como figuras tetradimensionais (ou de dimensão maior) cujas sombras planares foram representadas pelas gravuras de Escher.

A partir de 1937, surgiu um intenso interesse pela regularidade de estruturas matemáticas, uma outra dimensão sobre uma superfície bidimensional, bem como a reprodução, além do tridimensional. Antes, porém, Escher produzia obras paisagísticas cujas características visuais são muito próximas ao real.

A observação da arte árabe deu a Escher a possibilidade de um grande avanço à produção artística. A partir de então, passou a trabalhar com as formas geométricas que encontrara nos mosaicos islâmicos. Razão para obra escheriana ser considerada de “[...] alto grau racional, porém minimamente literária no sentido de que ele parafraseia em imagens as coisas que não poderiam ser reproduzidas em palavras” (ERNST, 1991, p.16)

A representação do pensamento de Escher não foi somente através da litografia, mas também por meio da técnica da xilogravura. Segundo Hespanhol (2004), de provável origem chinesa, a xilogravura é a arte de gravar em madeira, conhecida apenas no Oriente, século VI e, no séc. XVIII, chegou à Europa em cores. Até então as xilogravuras em preto e branco só se desenvolveram no Ocidente a partir daquele período. Hoje, no entanto, já se usam muitas cores e nuances em um só trabalho.

Maurits Cornelis Escher não foi o único artista que se inspirou na matemática para exprimir o pensamento, também o fizeram outros artistas, inclusive poetas e escritores, tais como Rômulo de Carvalho (poeta), Le Corbusier (arquiteto), Albrech

Dürer (artista plástico), Piet Mondrian (artista plástico), Almada Negreiros (escritor e artista plástico), Oscar Niemeyer (arquiteto), George Seurat (artista plástico), entre outros.

Entre tantos talentos, para este estudo escolheu-se Escher, sobretudo porque os conceitos matemáticos ali usados, embora precisos, eram intuitivos, desde que o autor não detinha conhecimento matemático acadêmico. A arte islâmica lhe oportunizou a descoberta de regras de conceitos matemáticos; os árabes eram conhecedores da Matemática. Assim, ao dedicar-se aos estudos, conseguiu encaixar os desenhos geométricos sem deixar espaço entre as formas geométricas; isto é, foi capaz de elaborar figuras que se apresentavam como continuação uma das outras, na divisão regular da superfície.

Quando se pensa em espaço, pensam-se muitos significados, por exemplo, à geografia dos planetas, das estrelas, das galáxias, e até pensado como sinônimo de Universo o espaço pode ser pensado como infinito. À leitura de uma partitura, há entre as notas o espaço cujo sinônimo é período.

Neste trabalho, destacam-se o espaço e a forma na matemática e na arte utilizados por Escher.

À matemática apresenta-se, no plano, o espaço em duas dimensões, mas, ao referir-se aos sólidos e às figuras impossíveis, o espaço refere-se a três dimensões.

Contudo, Einstein, na física moderna, definiu o espaço com quatro dimensões, ou seja, além da altura, da largura e da profundidade que constitui o espaço tridimensional, há uma quarta dimensão, o tempo.

Nas Artes, a palavra espaço também tem várias conotações. Fala-se em espaço pictórico, espaço cênico, espaço sonoro, etc. Nas Artes Plásticas um grande desafio se impôs aos que quiseram representar o espaço tridimensional em que vivemos na superfície plana, como uma parede ou uma tela. Esse problema foi resolvido de maneiras diversas ao longo dos tempos. Na época do Renascimento foi desenvolvida a perspectiva, aliando a Arte e a Matemática (ARTE&MATEMÁTICA, 2002).

Em algumas obras de Escher, após 1937, propõe-se uma interpretação da representação artística, à maneira de Einstein, onde o tempo é a quarta dimensão espacial. Em outras palavras, aqui se há de estudar uma quarta dimensão, a tetradimensão, da representação artística proposta por Escher em algumas de suas obras após 1937.

3.2 ENTENDENDO O PROCESSO IMAGINATIVO DE M. C. ESCHER

“Escher não somente era um grande artista, com também, um gênio” (ERNST, 1991). Entender que meios utilizava para compor suas obras, como conseguia e o que pensava durante a criação, é realmente um desafio. Por exemplo:

Escher podia imaginar os efeitos fantásticos que queria exprimir graficamente, mas uma ferramenta necessária era a matemática pura. Por esta razão, lia livros e publicações técnicas e correspondia-se com matemáticos e cristalógrafos. Muito de sua arte parece, a primeira vista, natural, mas – em segunda visada – o que era visualmente plausível é percebido como impossível e o observador sente-se convidado a observar repetidas vezes, quando descobre com prazer as surpresas escondidas que a obra ainda retém conforme colocam alguns de seus apresentadores (Ernst, 1978) a obra de Escher configura um “Espelho mágico” onde se faz necessário esquecer o que se aprendeu sobre perspectiva (ROHDE, 1997, p 127).

O trabalho de Escher pode contribuir como um meio de aprofundar ou conhecer conceitos geométricos e representar o mundo. As obras, se utilizadas na escola, dão ao processo ensino-aprendizagem maior dinamismo e referem-se às

necessidades atuais de aprendizagem. O aluno deixa de ser apenas observador e passa, com o aprendizado, a agir. Por meio da dinâmica visual, que propõe o trabalho de Escher, é possível significativa aprendizagem do conteúdo de desenho geométrico, da arte e da matemática.

Conceitos geométricos elementares sempre existiram, sob forma orgânica ou forma inorgânica na natureza e, uma vez bons observadores, é possível exprimi-los de várias formas e nas linguagens que adquiridas.

Escher foi um observador muito sutil de tudo o que estava à sua volta. Percebia as formas, foi capaz de pensar geometricamente; manifestar na arte a matemática. Enquanto visualizava nos lugares por onde passou o espaço e as formas, tudo o que via transformava em gravuras. Aliás, objeto de análise no próximo capítulo para este estudo.

Escher não é didático em seu trabalho, mas possibilita o entendimento de conteúdos do desenho geométrico segundo o próprio de seu interesse. Como apontou Rohde (1997), as figuras em Escher preenchem espaços numa superfície, são transformadas, são deformadas para dar a ver as mais sutis surpresas ali manifestadas.

Para Escher, a divisão regular do plano é objetiva, ou seja, uma figura deve completar outra, dar significado, ter uma função e uma intenção.

Muito antes de ter descoberto em Alhambra, com os artistas árabes, uma afinidade com a divisão regular de superfícies, já a tinha descoberto em mim mesmo. Ao princípio não tinha nenhuma idéia como podia construir sistematicamente as minhas figuras. Não conhecia nenhuma regra do jogo e procurava – quase sem saber o que fazia - ajustar superfícies congruentes, a que tentava dar formas de animais... Mais tarde consegui o desenho de novos motivos, gradualmente com menos esforços do que ao princípio, e no entanto

ficou sempre uma actividade empolgante [...] (M. C. Escher, *Regelmatige vlakverdeling*, Utrecht 1958, *apud* ERNST, 1991, p. 41).

Neste relato, Escher refere, para uma efetiva aprendizagem, a necessidade de se estar em contato com formas e espaços. Pois, apenas estabelecer relações consigo mesmo não são suficientes para o aprendizado. Estímulos externos aguçam o pensamento visual e, em seus dois princípios - a da forma e a da criação -, são importantes para se construírem pensamentos sistemáticos e estéticos.

Preliminarmente, digamos que do ponto de vista científico, Arte é expressão legítima de um tipo de personalidade mental e isto porque qualquer definição envolve dois princípios artísticos fundamentais: o da forma – que se deriva de nossa opinião do mundo orgânico e do aspecto universal de todas as obras artísticas; e o princípio da criação, peculiar à mente humana e que a leva a criar e apreciar a criação de símbolos, fantasias, mitos, etc. A forma é uma função da percepção; a criação, da imaginação. Essas duas atividades mentais esgotam, em seu jogo dialético, todos os aspectos psíquicos da experiência estética (SOUZA, 1964, p. 20).

Com este pensamento Souza (1964) mostrou a permanência da arte, uma longevidade artística, através da História da Arte. Aliás, para Escher, “o artista tem de corrigir todo o erro e a mácula inerente à realidade” (ERNST, 1991, p.63).

O artista se expõe com sua arte, e o espectador assim espera dele. A forma, a criação, a ausência ou presença de cor, por exemplo, servem de auto-expressão para o artista. E, se quiser entender o processo imaginativo de Escher, convém buscar essa resposta à luz do movimento artístico surrealista, conforme exposto abaixo.

O Surrealismo surgiu em Paris, em 1924, fruto dos ideais de um grupo de escritores e artistas que, liderados por André Breton (1896 -1966), valorizavam as pesquisas científicas, sobretudo a psicanálise. O grupo do movimento, fazia parte da

vanguarda europeia do início do século XX, e se fundamentou nos estudos de Freud sobre a exploração do inconsciente e a dos sonhos para expressão artística. Embora as obras parecessem sem sentido, na realidade representavam os pensamentos mais íntimos e verdadeiros dos seus artistas. Juntaram-se a este grupo alguns outros artistas tal como o pintor russo e *designer* Marc Chagall (1887-1985) e também pintores e artistas gráficos espanhóis tais como Juan Miró (1893 - 1983) e Salvador Dalí (1904 – 1989).

Segundo Ernst (1991), não se pode afirmar que as obras de Escher são surrealistas ou inspiradas no surrealismo. O fato é que, à luz desse movimento, com representações de objetos impossíveis de existir no tridimensional, as obras de Escher, revelam uma libertação da realidade na qual se enraíza muito próxima do Surrealismo.

Para Escher, as obras surrealistas eram passageiras e não se encaixavam no que defendia: “[...] pode-se facilmente fazer espantar alguém com uma afirmação audaciosa quando ainda por cima tem uma embalagem tão encantadora, em forma e cor, mas procura realizar a afirmação, que se prove a absurdidade, a surrealidade como um resultado dissociável da realidade” (ERNST, 1991, p. 64).

Escher tinha uma forma muito particular de ver a arte; suas criações impossíveis não advinham de explorações do inconsciente e nem dos sonhos; mas sim do próprio pensamento visual, do pensamento matemático, da percepção de mundo e, principalmente, da criatividade.

Escher criou mundos não-existentes de forma completamente diferente, não silenciando a razão com as suas composições, mas exactamente levando-a a intervir na construção do mundo absurdo. É assim que ele cria dois ou três mundos que existem ao mesmo tempo num só lugar (ERNST, 1991, p. 64).

Nas suas representações gráficas, a estrutura, a lógica e a relação com a realidade são totalmente conscientes e propositais; são enigmáticas e escondidas. Ele espera que o observador se encante e não procure solucionar os enigmas ali presentes, muito embora estas situações enigmáticas são para ele absolutamente racionais.

Isto não significa impossibilidade de entender o pensamento dele; significa que suas obras não serão utilizadas para somente entender os processos matemáticos. Mais do que isto, aqui se procurou analisar, buscar a intenção racional na obra, o processo imaginativo das composições, a estética envolvida, o pensamento envolvido, o espaço, a forma, a estrutura, enfim, que ele utilizava.

O trabalho escheriano tem por base total as observações da realidade em cuja fonte se inspirou e criou, portanto, perceber a natureza, transformá-la e deformá-la era o que sabia fazer. De fato, a representação bidimensional de objetos, de dimensão maior do que três, precisa da deformação da imagem. Olhar esboços das viagens que realizou o inspirava e lhe trazia novas idéias, para novos trabalhos.

Segundo Arnheim (1989), a percepção e o pensamento precisam um do outro. A tarefa da percepção é reunir a matéria-prima necessária ao conhecimento e o pensamento processa essa percepção.

A defesa do pensamento visual por Arnheim é compatível às realizações de Escher que, generalizando o que via, formava conceitos além dos pormenores visualizados.

A capacidade passiva de receber imagens das coisas sensoriais, dizia Descartes, seria inútil se não existisse, na mente, uma faculdade ativa

suplementar e superior capaz de dar forma a estas imagens e corrigir os erros que têm origem na experiência sensorial (ARNHEIM, 1989, p. 142).

Nessa perspectiva, Escher não recebia passivamente a imagem das coisas, ele a dinamizava a partir da imaginação e mente. Era capaz de realizar a composição e a decomposição de elementos de forma clara e organizada. É assim que Escher atinge o máximo de conhecimento que sua mente é capaz de processar; mas conhecer vai além das informações vistas e processadas em seu cérebro, pressupõe raciocínio que o faz ultrapassar os limites do que vê e deseja representar. Ele reestruturava artisticamente as situações que via e representava-as em suas gravuras. Eis uma nova forma de linguagem, é o seu pensamento visual em prática.

CAPÍTULO IV

“O processo de trabalho começa com a busca duma norma visual que transmita, da forma mais clara possível, a nossa linha de pensamento”.

M. C. Escher

4.1 CIÊNCIAS EXATAS E CIÊNCIAS HUMANAS, MAIS DO QUE UMA JUSTAPOSIÇÃO

A curiosidade humana leva às novas buscas, novos olhares, novas descobertas, novas perspectivas e novas tendências de toda e qualquer natureza.

Por isso, neste capítulo, pretende-se compreender nas obras a cosmovisão de Escher, revelando assim a natureza incomum que elas trazem em alguns dos elementos formais -matemáticos- ou artísticos e/ou estéticos.

Para Escher, a Arte é forma de conhecimento, de trabalho, de busca voltada às normas visuais passíveis de as transmitir, mais claramente possível, a linha de pensamento.

De fato, Escher remete a um novo olhar sobre as ciências exatas e humanas; e, calcadas nelas, há um desafio: explicitar, por meio de imagens o significado do que é visto nas obras escherianas.

Considerou-se-as um desafio porque não refletem somente as dimensões matemáticas, conhecidas e trabalhadas na escola, com as quais se pretende descrever a realidade tal como ela é, mas sim, uma outra realidade, que se a esclarece.

Na análise das obras escherianas, é possível contemplar o que é visível, o perceptível, traduzido na intencionalidade (tema da obra, linhas utilizadas, formas geométricas ou orgânicas, claro/escuro, etc.), a composição (predomínio do tipo de linhas, repetição de elementos, equilíbrio, etc.), as propriedades físicas (dimensões

da obra, se é gravura, desenho, pintura, etc.), as propriedades expressivas (sensação, conflito, emoção, valores sociais, políticos, etc.) e a técnica utilizada (materiais empregados: pincéis, lápis, tinta, madeira, metal, pedra, etc.). E, completando, para efeito desta monografia, a interpretação pessoal (experiência, vivência, etc.). Há, então, aqui, a contribuição, os caminhos que a Arte enquanto conhecimento proporciona à análise de uma obra.

Para tanto, há limitação de referência de estudos sobre o artista; a literatura além de escassa e nem sempre disponível é produção que se repete. Por isso, com base nos escritos de Ernst (1991), Ostrower (1994), Cifuentes (2003), Woodford (1983), Arnheim (1989), do próprio Escher (1994), entre outros, aventura-se a analisar quatro de suas obras; duas referentes à forma geométrica e, duas outras, referentes à representação de mundos impossíveis.

Para iniciar esta parte da discussão, primeiramente é imprescindível estabelecer a diferença entre “olhar” e “ver” uma imagem, fenômeno muito complexo, ligado à percepção visual.

A percepção visual é, de todos os modos de relação entre o homem e o mundo que o cerca, um dos mais bem conhecidos. Há um vasto *corpus* de observações empíricas, de experimentos, de teorias, que começou a constituir-se desde a Antiguidade. O pai da geometria, Euclides, foi também, em torno de 300 a.C, um dos fundadores da óptica (ciência da propagação dos raios luminosos) e um dos primeiros teóricos da visão. Na era moderna, artistas e teóricos (Alberti, Dürer, Leonardo da Vinci), filósofos (Descartes, Berkeley, Newton), e, é claro, físicos, empenharam-se nessa exploração (AUMONT, 2005, p.17).

Apesar de tantos estudos, esse fenômeno complexo ainda não está totalmente definido, não se sabe muito sobre ele, mas, assim mesmo, há a tentativa de expor tão clara quanto possível a perspectiva de abordagem desta questão.

Olhar uma imagem significa fazer uso de um dos órgãos dos sentidos mais requeridos pelo homem: o olho. Este instrumento de visão é o mais utilizado, pois o põe em contato com o mundo em que vivemos; possibilita leitura do mundo e facilita a locomoção com destreza, por entre objetos de um ambiente. Também o olho reage à luminosidade que o afeta e, a partir daí, um longo processo acontece até que a imagem seja decodificada no cérebro. Não é objetivo, para esta monografia, discutir como se dá esse processo, porém, perceber que o olho é um instrumento fundamental da visão.

Ver uma imagem implica interpretação, eis a diferencia com o olhar. Ver implica dar significados ao que é visto. Para o ato de ver, há alguém que olha; há, portanto, por trás do olhar de quem vê e do que se vê, uma intenção.

“A imagem tem inúmeras atualizações potenciais, algumas se dirigem aos sentidos, outras unicamente ao intelecto, como quando se fala do poder que certas palavras têm de ‘produzir imagem’, por uso metafórico, por exemplo” (AUMONT, 2005, p.13).

Paradoxalmente, à imagem há apenas duas dimensões, no entanto é possível olhar e ver objetos em três dimensões. Esta condição faz a interpretação do ato de ver.

Escher promoveu formas de ver a tetradimensão, nova forma de olhar e ver uma imagem. Esta dimensão está além da imagem de objetos visuais paradoxais; ela é, portanto, um estilo próprio, elaborado por Escher em gravuras, após o ano de 1937.

Ele cria uma ilusão, ao interligar figuras que se sabem tridimensionais, utiliza elementos da matemática em conformidade com os elementos da arte e cria uma tensão que surpreende. A técnica artística, ligada ao desenho geométrico, explicita as características de tetradimensionalidade. Escher fez arte usando a matemática!

Eis mais uma de suas intenções:

A condição prévia para um bom desenho (e como 'bom' compreendo que tenha de agradar a um grande público que nunca perceberia a reversão matemática se não fosse representada da forma mais simples e clara) é que nem seja feita charlatanice, nem deva faltar uma relação sólida e simples com a realidade. Mal pode imaginar como o 'grande público' é intelectualmente indolente. Eu quero provocar-lhes um choque; se exagero, então não dá bom resultado (ERNST, 1991, p. 82).

Segundo Arnheim (1989), nos últimos anos, o pensamento visual surpreendentemente se propaga como uma forma de conhecimento. Para este autor o conhecimento não ocorre somente via meios discursivos, mas também, via percepção e raciocínio visual, que, embora estejam em posições diferenciadas, são necessários um ao outro.

A percepção e o pensamento precisam um do outro. Completam mutuamente suas funções. Supõe-se que a tarefa da percepção se limite a reunir a matéria-prima necessária ao conhecimento. Uma vez que o material tenha sido agrupado, o pensamento entra em cena, num nível cognitivo supostamente superior, e faz o processamento. A percepção seria inútil sem o pensamento; este, sem a percepção, não teria nada sobre o que pensar (ARNHEIM, 1989, P.141).

Para Escher, essa forma é vantajosa no momento de pensar, quando o fruidor das suas obras, ao compreendê-las, apreende as propriedades matemáticas que estão aí implícitas.

Pensa-se que Escher nos transmite muito para além do prazer das descobertas visuais que ele quis transmitir. A interpretação destas descobertas do observador- apreciador é essencial.

Por isso, investigam-se as obras escherianas sob os aspectos estéticos, evidentemente à luz dos autores retro citados na pouca literatura existente.

Em dados momentos da vida, a criatividade parece fluir quase que por si e dotar a imaginação de poder de imediata captação de relacionamentos novos e possíveis significados cujas representações são circunstâncias especiais e sem dúvida importantes em que um se sente mais produtivo e mais criativo. Vista sob própria dinâmica, porém, a criatividade também abrange o processo total da vida, e tanto os momentos que são considerados desnecessários alimentam a sensibilidade com múltiplas cargas emotivas e intelectuais (OSTROWER, 1994, p. 55).

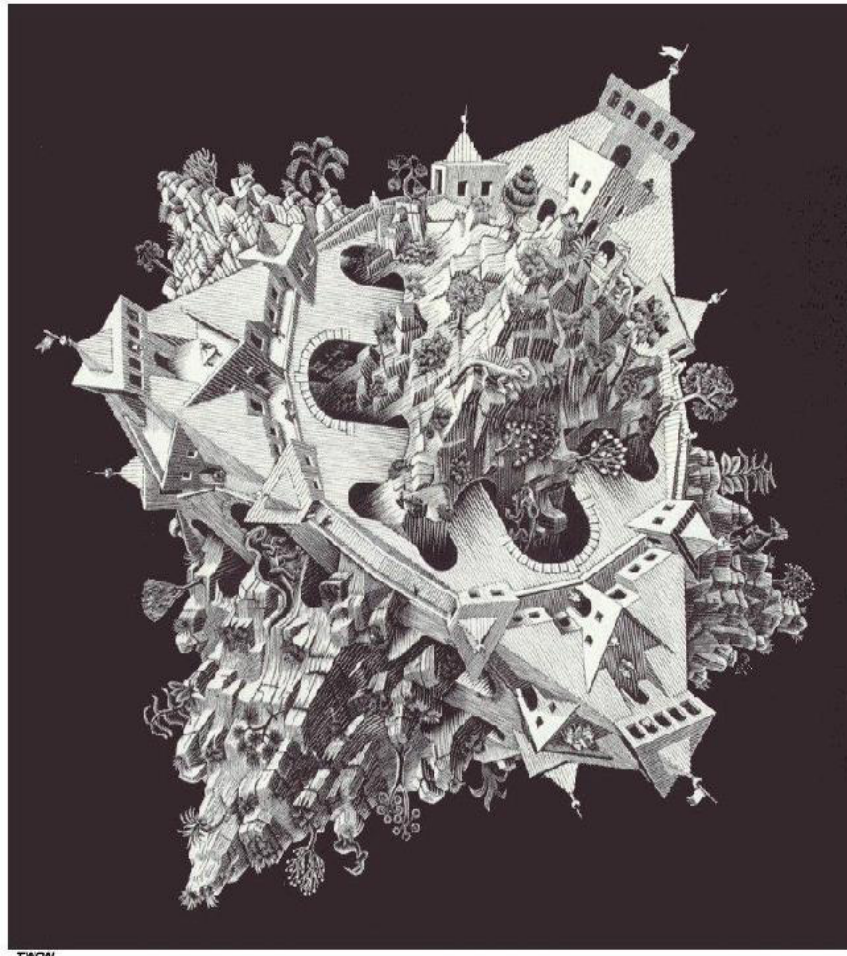
Assim, a formação artística promove o sentimento de intensidade. À vibração das criações, portanto, é possível juntar à percepção já pré-estabelecida ou conceituada uma nova percepção da dimensão estética do trabalho de Escher.

4.2 “PLANETÓIDE DUPLO”

A obra “Planetóide Duplo”, por exemplo, é, segundo o próprio Escher:

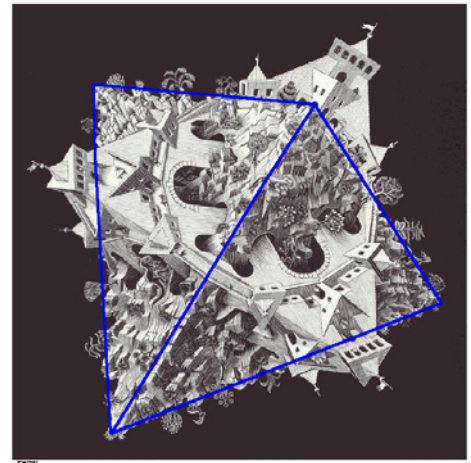
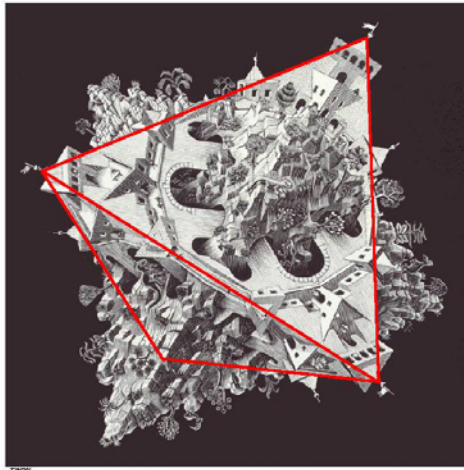
[...] entalhe em madeira, prova de quatro matrizes, 1949, com o diâmetro de 37,5 cm. Dois tetraedros regulares que se penetram um ao outro, pairam como um planetóide no espaço. O escuro é habitado por seres humanos que transformaram inteiramente o seu território, convertendo-o num complexo de casas, pontes e estradas. No tetraedro claro foi mantido o ambiente natural com rochedos onde crescem plantas e onde vivem animais pré-históricos. Ambos os corpos constituem juntos um todo, mas não se conhecem um ao outro (ESCHER, 2004, p. 14).

Figura 12: “Planetóide Duplo”. Entalhe em madeira, 1949.



Fonte: M. C. Escher – Gravuras e Desenhos, p. 57

Nesta obra, evidencia-se uma cosmologia que o artista salienta à dupla face: do relacional *versus* o emocional, ou a lógica *versus* a intuição; ambas se interpenetram e, simultaneamente, mantêm-se separadas. Observe-se:



A impossibilidade de diálogo está presente nos dois mundos, talvez seja possível dizer metaforicamente que são duas realidades, como a obra intitulada “As duas culturas”, de Charles Percy Snow (1959): cultura científica, com construções geométricas, e cultura humanística, com seres co-habitando um mesmo espaço e um mesmo mundo.

Esta figura de Escher conduz à procura do contexto histórico cultural onde os poliedros regulares surgiram.

Os polígonos - quadrado, triângulo equilátero e pentágono regular - são figuras que formam as faces dos poliedros platônicos regulares. Os gregos já conheciam esse fato.

Platão, por meio do triângulo, obteve o tetraedro, o octaedro e o icosaedro, de quatro, oito e vinte faces respectivamente e, com o quadrado, obteve o cubo (ou hexaedro) e suas seis faces idênticas. Finalmente, através do pentágono regular, conseguiu um dodecaedro, com doze faces iguais.

Com estes achados, buscou nos sólidos regulares a explicação para a origem do universo, em cujas teorias associam esses cinco poliedros regulares aos constituintes cosmológicos da natureza: e o tetraedro como “elemento e origem” do fogo; o octaedro, do ar; o icosaedro, da água; o cubo, da terra; enquanto o dodecaedro representava a imagem do universo no seu todo.

O cubo, elemento terra, para os platônicos, era uma figura sólida e fixa; o tetraedro, elemento fogo, também por causa da forma piramidal, era considerado o menor sólido geométrico regular. O octaedro, elemento ar, era assim considerado pelos platônicos por ser a figura mais próxima, em semelhança de leveza, ao tetraedro. O icosaedro, elemento água, considerado o mais pesado e formado por vinte triângulos de lados iguais; e o dodecaedro, simbolizava o Universo, possivelmente por ser semelhante ao formato da Terra (PENNICK, 1980, p. 21-23).

Os corpos celestes, por sua vez, descreviam circunferências (estas seriam a curva perfeita) em torno da terra, e mantinham-se em órbita por estarem presos a esferas cristalinas concêntricas.

Platão também reconhecia que com matemática era possível realizar abstrações e, por elas, aproximar-se então do perfeito mundo das idéias.

A obra “Planetóide Duplo” parece dar visibilidade à descoberta da influência do ser humano em seu *habitat*, simplesmente pelo contraste entre o ambiente natural e o ambiente transformado pelo homem. Duas formas geometricamente iguais, porém diferenciadas em suas interpenetrações por dois mundos completamente diferentes: a forma, ou seja, o próprio tetraedro; e o conteúdo, ou

seja, o contexto humanístico que habita o poliedro. Não há linhas de separação entre os dois tetraedros, mas, sugere por meio da forma regular do poliedro.

Aqui cabe a seguinte pergunta: por que Escher escolheu o tetraedro para representar estes dois mundos? Talvez quisesse manifestar, por meio da simplicidade do poliedro escolhido, certa simplicidade desses mundos, pois, o tetraedro é o poliedro mais simples possível de ser realizado. Por outro lado, além de suas propriedades puramente matemáticas, pode-se indagar também qual o significado que esta figura geométrica adquire na obra de Escher.

A obra “Planetóide Duplo” não existe no mundo físico, apenas no plano dimensional, produzido por Escher. A imagem realiza a representação numa superfície plana, mas jamais esta figura poderia existir no espaço.

A obra ricamente apresenta a escala de valores por meio do contraste entre o claro e o escuro. Neste contraste, desenhados por Escher, estão explícitos os dois tipos de mundos, um habitado por seres humanos e outro, não.

A imaginação do pintor consiste em ordenar, ou preordenar-mentalmente certas possibilidades visuais de concordância ou de dissonância entre cores, de seqüência ou contraste entre linhas, formas cores, volumes, de espaços visuais com ritmos e proporções (OSTROWER, 1994, p. 35).

Observe-se que Fayga Ostrower é bem clara ao referir pensamento visual, evidencia o quão este aspecto é importante para o artista, desde que sequencia um ritmo de pensamento que, por analogia, pode envolver os alunos. Ora, com uma proposta de desenvolvimento cognitivo lógico e racional do ato de ver, é possível levar alunos a pensar e solucionar problemas, dada a organização mental que apresenta esta possibilidade.

A composição da obra não chega a ser simétrica, contudo é evidente um equilíbrio integrado de maneira harmoniosa, porque desperta percepções que vão além do visual como, por exemplo, a percepção espacial.

O trabalho de Escher era temático; muitas vezes, “ocupava seu espírito com vários temas ao mesmo tempo” (ERNST, 1991, p. 20).

No capítulo anterior abordaram-se três temas com os quais Escher trabalha: a estrutura do espaço; a estrutura da superfície; representação pictórica da relação entre espaço e superfície plana, cada qual com suas categorias.

Nesta obra em particular, a ênfase está no tema “a estrutura do espaço” e cuja categoria é sólido geométrico.

Depois de toda esta análise ainda pergunta-se sobre a finalidade desta obra, a função, o que refere sobre as culturas existentes. Estas são indagações de Woodford (1983) ao tratar sobre os modos de ver uma pintura. Mas ela não pára por aí, vai além, procura avaliar até que ponto a obra é realista, qual o material utilizado ou técnica utilizada e itens que já foram abordados.

Este tipo de análise da obra

[...] freqüentemente nos ajuda a compreender melhor seu significado e apreender alguns dos recursos e estratégias a que o artista recorre para obter os efeitos desejados (...) Mas, o que é mais importante, não nos limitaremos a ver as pinturas; também estaremos falando sobre elas, pois, por muito estranho que isso possa parecer, vê-las somente não é, na maioria das vezes, suficiente. Encontrar palavras para descrever e analisar obras de Arte fornece, com freqüência, o único caminho que nos poderá ajudar a progredir de um mero olhar passivo para um ver ativo e discriminador (WOODFORD, 1983, p. 13).

Mas este não é o único modo de olhar uma obra de arte e analisá-la, há outras sugestões tais como aponta Barbosa (2005), ou a de Robert Saunders que trata sobre método de multipropósito no ensino da arte. Isto é, o fazer integrado com outras disciplinas, para leitura da obra de arte. No método de análise de obra de arte de Saunders, as análises sobre cada obra são divididas em quatro categorias:

Exercício de ver (descrever claramente, identificar acuradamente e interpretar detalhes visuais). Exercício de aprendizagem (compreender as pinturas ou desenhos, expressar julgamento de valor, exercitar habilidades de fantasias e imaginação, desenvolver conceitos espaciais, desenvolver o sentido da ordem visual). Extensões da aula (relacionar arte com seu meio ambiente, escrever criativamente, fazer comparações históricas, usar símbolos visuais e verbais, investigar os fenômenos de luz e cor, fazer improvisações dramáticas, explorar relações humanas, tornar-se consciente de problemas ecológicos). E produzir artisticamente (desenvolver a auto imagem através do desenho, encorajar a atividade criadora grupal, experimentar com o espaço positivo e negativo, experimentar com representações em três dimensões, investigar formas, texturas, cores e linhas, exercitar as habilidades para recorte, colagem, modelagem, desenho, pintura, etc., desenvolver a habilidade para lidar com régua, compasso e até lentes de aumento) (BARBOSA, 2005 p. 52).

Neste trabalho se há de abordar as três primeiras categorias. A última, proposta por Saunders pode ser aplicada em aula, para enriquecer ainda mais o processo de ver uma imagem.

Hoje, muitos artistas plásticos sugerem caminhos possíveis para realizar leitura de uma imagem. Neste trabalho, porém não se utiliza um método específico. Entretanto, ao olhar as obras de Escher, enfatizam-se questões que muitos outros já propuseram, sobretudo observar e ler uma obra.

Assim como o próprio viver, o criar é um processo existencial. Não abrange apenas pensamentos nem apenas emoções. Nossa experiência e nossa capacidade de configurar formas e de discernir símbolos e significados se originam nas regiões mais fundas de nosso mundo interior, do sensório e da

afetividade, onde a emoção permeia os pensamentos ao mesmo tempo que o intelecto estrutura as emoções. São níveis contínuos e integrantes em que fluem as divisas entre consciente e inconsciente e onde desde cedo em nossa vida se formulam os modos da própria percepção. São os níveis intuitivos do nosso ser (OSTROWER, 1994, p. 56).

Não é demais reafirmar que Escher não recebeu uma instrução matemática acadêmica para fundamentar seus trabalhos, no entanto era dedicado e estudioso desta área e buscou obter resultados ao compor suas obras. Em que pese estas observações, em Escher manifesta-se a intuição matemática.

A intuição, ao contrário do instinto, é um fator importante da cognição humana, pois permite lidar com situações novas e até mesmo inesperadas. Escher, neste caso, é um exemplo, pela espontaneidade, advinda da intuição. A complexidade da obra escheriana é tal que claramente traz um caráter dinâmico e criativo, uma renovação dentro de si mesmo, um jeito novo de conhecer, de aprender e de perceber.

O que percebemos, então, é apreendido em ordenações, e como percebemos, são outras tantas ordenações. Tudo participa de um mesmo processo ordenador, o perceber é um estruturar que imediatamente se converte em estrutura, é um perene formar de formas significativas (OSTROWER, 1994, p.58).

Esta significância advém da visualização, “receber imagens sensoriais, dizia Descartes, seria inútil se não existisse, na mente uma faculdade ativa [...] capaz de dar forma a estas imagens [...]” (ARNHEIM, 1984, p.142).

A obra “Planetóide Duplo” ativou a percepção do olhar para a diferença de mundos. Note-se, todavia, que esta percepção só terá validade no âmbito escolar quando puder atingir o nível de conhecimento, ou seja, quando a observação for

além daquilo que o aluno vê e realiza comparações com o que vivencia, ao formular sua própria interpretação, por exemplo: que tipo de sentimento em especial suscitou em mim a obra?

Essas interpretações das obras de Escher, para propósitos deste trabalho, não tem nenhum caráter quantitativo, isto é, só é dada atenção a aspectos qualitativos como, por exemplo: os topológicos.

A expressividade de Escher, ao utilizar os dois tetraedros, é marcante; simbolicamente transmite valores sociais referidos à transformação do natural em artificial que o homem, ao realizar processos de sobrevivência, faz. Assim, o espaço que um dia possuiu vales, rios, árvores entre outros, o homem o transforma em elementos surpreendentemente regulares, compostos por casas, pontes e estradas, para satisfazer necessidades da sobrevivência.

4.3 “ORDEM E CAOS”

Há dois tipos de poliedros regulares, os convexos e os estrelados. Neste estudo já houve abordagem sobre um convexo: o tetraedro. Veja-se agora um poliedro regular estrelado, construído a partir do dodecaedro. Eis o segundo e último exemplo de figura geométrica, utilizada por Escher.

Por definição, [...] chama-se poliedro regular estrelado todo poliedro que, além de ter todos os ângulos sólidos iguais entre si e as faces também iguais entre si, é seccionado por qualquer dos planos de suas faces. Os poliedros regulares estrelados estão inscritos em poliedros regulares convexos [...] (RANGEL, 1982, P. 31).

Ainda segundo Rangel (1982), o dodecaedro é composto por doze faces, as quais são polígonos pentagonais regulares e três são os números em cada vértice; têm trinta arestas e vinte vértices; de cada vértice partem três arestas e dez diagonais, totalizam, portanto, cem diagonais. E é composto por quinze eixos de simetria.

Ao se eliminar dele a condição de poliedro convexo, pode-se obter um estrelado. São os conhecidos Poliedros de Kepler e Poinot.

Kepler percebeu que existiam duas maneiras de colar doze pentagramas, ao longo de suas arestas, para obter um sólido regular. Se cinco deles unem-se em um só vértice, obtém-se o dodecaedro estrelado da figura.

Este dodecaedro foi utilizado por Escher para compor a obra “Ordem e caos”.

Ordem e caos, litografia, 1950, 28 x 28cm. No centro, colocou-se um dodecaedro em estrela, cercado por uma esfera transparente, como uma bola de sabão. Neste símbolo da ordem e da beleza, espelha-se o caos: uma aglomeração heterogênea de toda a espécie de coisas inúteis, estragadas e amarrotadas”(ESCHER, 2004, p. 14).

[illegible]

Da mesma forma que as idéias de Einstein mudaram as formas de pensamento sobre o tempo e o espaço, o caos pode trazer à vida de um ser humano tendências à redução do conhecimento. A obra “Ordem e caos”, como um perfeito cristal, sugere no centro, a ordem do pensamento, da vida, da observação, etc.; à volta há representadas coisas imprestáveis, verdadeiros entulhos. Mais que um contraste formal, há, portanto, um contraste social.

99

Isto ocorre porque o Universo não é apenas ordem, mas também desordem. Por conveniência, simplesmente caminham juntas e revelam o imprevisível que por natureza o ser humano o é. Esta imprevisibilidade está presente no desafio à percepção da realidade, por meio de comprovações matemáticas, físicas, artísticas, entre outras.

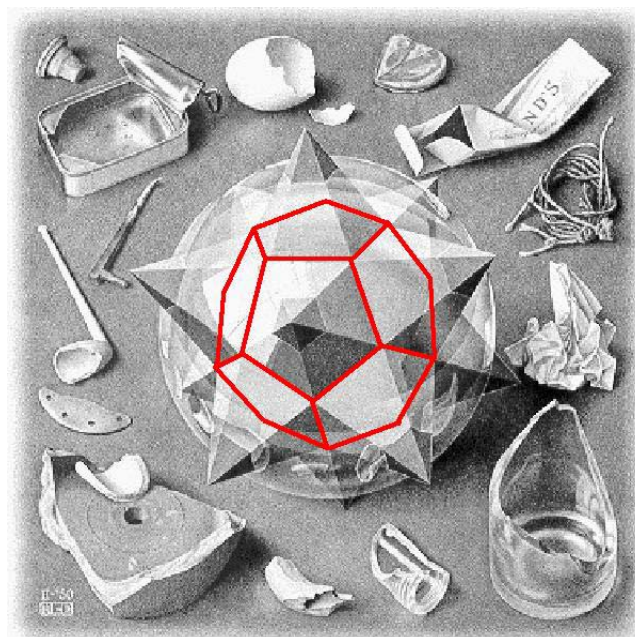
Embora se busque modificar relações dos elementos e circunstâncias à sua volta, dialeticamente espera-se, dia-a-dia, encontrar à mesma aparência certa qualidade de elementos invariáveis.

É a percepção desses aspectos invariáveis do mundo (tamanho dos objetos, formas, localização, orientações, propriedades das superfícies etc.) que se designa pela noção de constância perceptiva: apesar da variedade das percepções, localizamos as constantes (ALMONT, 2005, p. 38).

A própria matemática se constrói por meio de regularidades, ordem, padrões, isto é, ordens invariáveis. Escher foi um artista que procurou dar visibilidade a todos esses aspectos citados.

A ordem é apresentada com perfeição assim como os padrões que se os encara para em tudo se encontrar sentido; por outro lado, há representação do caos. É o princípio criativo e destrutivo ao mesmo tempo. Um lado revela a complexidade do mundo em que se vive e, ao mesmo tempo, buscar organização, ordem, e oposição ao caos. Questões passíveis de serem matemáticas.

Na obra “Ordem e caos”, Escher procurou transmitir esse sentimento, ao mostrar padrões de perfeição e, simultaneamente, romper com eles. Então, perceber, talvez seja possível, o “certo” e o “errado”.



O dodecaedro estrelado foi representado por Escher sob aparência de cristal, afinal, era fascinado pelas formas e pelo próprio cristal.

Como cristais naturais dos corpos platônicos aparecem só tetraedros, octaedros e o cubo e além disso só um número pequeno dos outros poliedros possíveis. A fantasia humana é, neste ponto, aparentemente mais rica do que a natureza (ERNST, 1991, p 95).

Assim, entende-se que a inteligência e a percepção humanas podem ser muito mais apuradas.

Aumont (2005) refere que o espaço físico oferece exatidão por meio de três eixos de coordenadas, derivados da geometria, chamados “coordenadas cartesianas”, que representam as dimensões oriundas da geometria, estudada e consagrada por Euclides, que apresentou de forma intuitiva essas dimensões espaciais, em referência ao corpo humano e à posição no espaço: vertical (posição em pé), horizontal (paralela ao horizonte visual diante de si, linha dos ombros) e a da profundidade (corresponde à projeção do corpo no espaço).

Nessa perspectiva, Escher se valeu das dimensões espaciais, estudadas por Euclides, e formalizadas por Descartes, para transcender seu pensamento artístico/matemático, com novos elementos para representar uma nova dimensão. Escher quis superar as dimensões euclidianas invariáveis.

Esta forma de cristal, certamente inspirada na natureza, é totalmente geométrica, um contraste de claro e escuro e, entre os componentes da obra, principalmente, para demonstrar a forma do “mundo de cristal”. Isto é, representar um modo de pensamento e vida organizados, relativa aos objetos que se encontram à volta. Há a sensação de leveza, no cristal de Escher, tal como uma “bolha de sabão”, ao mesmo tempo em que o formato pontiagudo estrelado sugere a sensação de impossibilidade de acesso a esse “mundo de cristal”, oriundo da desordem exterior. Eis um modo possível de interpretar a entropia natural do mundo.

Toda a obra é harmonicamente composta, embora haja uma contraposição entre os objetos. Um centro “perfeito” (em ordem) em contradição ao que o circunda, “imperfeito” (o caos). Em se observando ou vendo esta obra, muitos são os elementos perceptíveis. Em Escher, aliás, com minuciosa expressividade, elementos matemáticos, artísticos, estéticos são propositalmente revelados e estão diretamente ligados à tese de Platão sobre o indivíduo que pode e deve ser educado por meio da Arte, abordagem do Capítulo II.

Oriundas das obras de arte são incontáveis as situações de aprendizagem, de discussão, reflexão, fomento e crítica às práticas artísticas. Também assim incontáveis os elementos matemáticos que possibilitam a aprendizagem do desenho geométrico e sua aplicabilidade com significado.

É interessante que os conteúdos do desenho geométrico sejam aplicados para obras de arte. Mas, é mais interessante o modo como eles são aplicados. Escher deixa bem claro, por meio da arte gráfica, a importância da expressão do pensamento e da percepção visual de mundo que circunda o homem.

O conhecimento do desenho geométrico, tal como Escher aplicou em suas obras, favorece ao raciocínio agilidade, estrutura o pensamento e desenvolve postura crítica diante das questões sociais.

Na obra “Ordem e caos”, Escher também polemiza as questões sociais, pois ele centralizou e colocou em evidência a “beleza”, criou uma “perfeição de mundo”. Complexamente, também apresentou o lado obscuro, o lixo provocado pelo ser humano, a pobreza, o fora do contexto. Expressou graficamente em sua perfeição e desajuste o mundo e as relações sociais, políticas, econômicas, etc. Mostrou harmonicamente o equilíbrio entre caos e ordem.

Escher estudava noções geométricas; brincava com elas; identificava semelhanças e diferenças; percebia regularidades; enfim, foi livre para exercer a criatividade, a iniciativa, a cosmovisão. Com autonomia intelectual construiu graficamente as próprias percepções.

À proposta e desafio da análise de uma obra como se fez em “Ordem e caos”, há possíveis interpretações, críticas e conclusões. Eis, para esta pesquisa, a intenção, abrir novos caminhos e reflexões estéticas que possibilitem transformação do pensamento escolar ao se trabalhar a arte e a matemática conjuntamente.

Convém esclarecer que, quando se refere à estética, não se trata apenas da beleza de uma obra, mas sim, favorecer discussões sobre a relação obra e outras

áreas do conhecimento, sobre outras abordagens de leitura, dar margem a outras possíveis comparações com o mundo em que se vive; enfim, alcançar o conhecimento através do sensível.

“Portanto, é de fundamental importância entender o objeto. A cognição em Arte emerge do envolvimento existencial e total do aluno. Não se pode impor um corpo de informações emotivamente neutral” (BARBOSA, 2005, p. 38).

É por isso que, para efeito desta pesquisa, apreciar minuciosamente uma obra é extrair dela tudo o que se vê e se percebe, inclusive a história, o autor.

Em resumo, o papel do espectador segundo Gombrich é um papel extremamente ativo: construção visual do “conhecimento”, emprego dos esquemas da “memorização”, junção de um com a outra para a construção de uma visão coerente do conjunto da imagem. Compreende-se por que esse papel do espectador é tão central para toda a teoria de Gombrich: é ele quem faz a imagem (AUMONT, 2005, p.90).

Entende-se, então, que, quando se é capazes de ver uma obra e dela discriminar significados, está-se preparando para entender e fazer uma leitura crítica das imagens do ambiente circundante.

4.4 “BELVEDERE”

No Capítulo III, estudou-se Escher, e seu trabalho com gravuras, e de acordo com Ernst (1991), diferenciaram-se três temas e, em cada um, abordaram-se três categorias. No entanto, dizemos que não se discutiriam todos, apenas duas categorias: sólidos geométricos abstratos e figuras impossíveis.

Nesta parte da pesquisa, abordaram-se os dois tipos de sólidos geométricos; inicialmente, o tetraedro na obra “Planetóide Duplo” e, em seguida, o dodecaedro estrelado na obra “Ordem e caos”.

Ambos os sólidos apresentam diferenças e semelhanças. São semelhantes nos aspectos, analisados sob dois mundos; um mundo habitado e modificado por seres humanos em intersecção com outro, habitado por animais em cujo ambiente natural não há transformações. O outro mundo, embora desabitado, revela um lugar aparentemente perfeito para se morar; tão perfeito quanto um cristal bem e cuidadosamente lapidado, embora com a interferência humana às mais profundas transgressões ao perfeito, ou seja, a presença de entulhos e coisas inúteis, mesmo que ao redor de um mundo construído de forma perfeita.

Em síntese, esses foram os principais aspectos que as duas obras da categoria “sólidos geométricos abstratos” apresentaram.

Mas, no mundo das idéias de Escher, outros universos foram criados. Razão por que aqui há de se deter na categoria para análise de mais duas obras: “Mundos Impossíveis”. A primeira obra cujo título é “Belvedere”, a segunda, “Queda d’água”. São duas construções semelhantes pelo tema e material utilizado; diferentes em características estéticas matemáticas, valores sociais, linhas gerais de composição, etc.

Belvedere, litografia, 1958, 46 x 29,5cm. Em primeiro plano, em baixo à esquerda, está uma folha de papel, sobre a qual foram desenhadas as linhas de um dado. Dois círculos indicam os pontos onde as linhas se cruzam. Que linha está à frente, que linha está atrás? Atrás e à frente, ao mesmo tempo, não é possível num mundo tridimensional e não pode por isso ser representado. Mas pode ser desenhado um objecto que, visto de cima, representa uma realidade diferente da de quando visto de baixo. O rapaz, que está sentado no banco, tem nas mãos uma tal absurdidade, em forma de

cubo. Ele observa pensativamente o objeto impossível e não parece ter consciência de que o belvedere, atrás das costas dele, é construído desta forma impossível. No piso inferior, no interior da casa, está encostada uma escada pela qual sobem duas pessoas. Mas chegados a um piso acima, estão de novo ao ar livre e têm de voltar a entrar no edifício. É então estranho que ninguém desta comunidade se preocupe com o destino do preso no subterrâneo que, queixoso, põe de fora a cabeça, através das grades? (ESCHER, 2004, p. 16).

Figura 14: “Belvedere”. 1958. Litografia, 46 x 29,5cm.



Fonte: M. C. Escher – Gravura e Desenhos, p. 74

Esta obra se contrapõe à perspectiva euclidiana, revela criativamente uma nova estética visual e matemática, por causa da inspiração oriunda da natureza geométrica de um cubo e, ao mesmo tempo, da imaginação. De uma forma regular e, paradoxalmente, irregular, há linhas e elementos geométricos possíveis e

impossíveis de existirem. Impossíveis num mundo real; mas, possíveis no mundo das idéias de Escher e no plano bidimensional.

A obra “*Belvedere*” é composta por elementos dialéticos. Do todo dela, cada elemento - simetria, linhas, equilíbrio, etc. - está disposto de forma a destacar próprias qualidades como composição.

Percebe-se que Escher foge de uma composição óbvia e surpreende nos detalhes quase imperceptíveis; apesar disso, o fruidor ao observar com atenção, vê na obra a impossibilidade da existência do representado no espaço real.

Possivelmente o espaço de construção é tetradimensional, se assim o for, eis aí o clima de mistério desenvolvido por Escher. Confira-se, à atenta observação à escada de mão, apoiada também no interior do prédio e numa parede externa sobre as colunas do *belvedere*, percebe-se impossibilidade da circunstância na existência real.

Parte deste mistério reside na relação local/global. Local, porque cada pequena parte da obra faz sentido como representação de algo tridimensional; no entanto, global, porque a obra, no todo, não representa nenhum objeto tridimensional. Esta característica é própria dos objetos tetradimensionais, por exemplo. É como se, ao contrário da obra ser sombra, no plano de um objeto tridimensional, o é de um objeto tetradimensional.

Segundo Ana Mae Barbosa, em seu artigo “Porque e como: Arte na Educação”, com base nos pensamentos de Paulo Freire, John Dewey e Elliot Eisner, “[...] a educação é mediatizada pelo mundo em que se vive, formatada pela cultura,

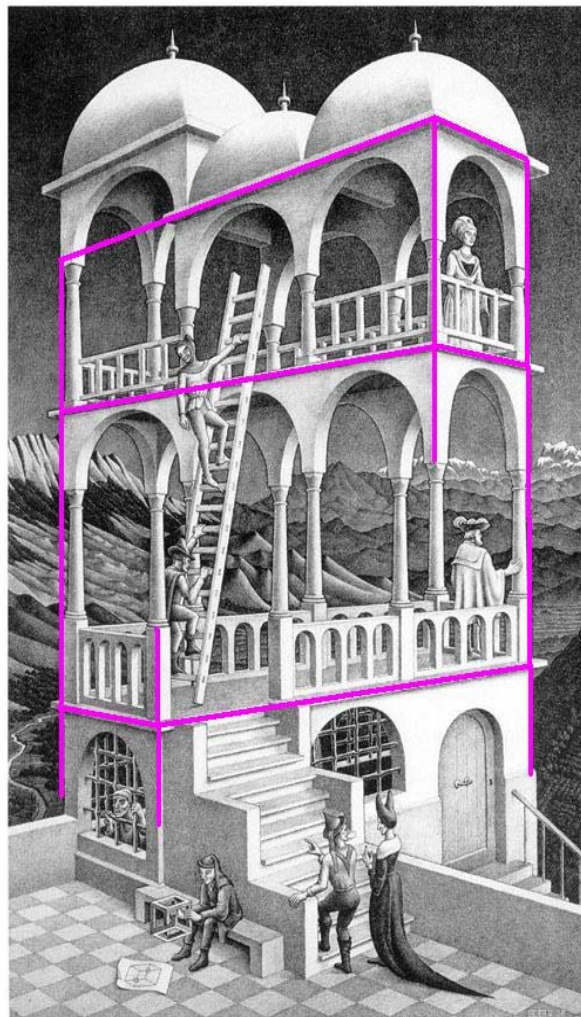
influenciada por linguagens, impactada por crenças [...]”. Aqui que os três educadores se encontram em pensamentos e idéias.

Para Ana Mae: “[...] segundo Eisner, refinar os sentidos e alargar a imaginação é o trabalho que a Arte faz para potencializar a COGNIÇÃO. Cognição é o processo pela qual o organismo se torna consciente de seu meio ambiente”.

A autora ainda acrescenta mais uma vez que os três gigantes da filosofia da educação se encontram e alertam acerca da importância da arte para permitir a tolerância à ambigüidade e à exploração de múltiplos sentidos e significações. Na arte, a dubiedade é valiosa à Educação; a arte não procede certo ou errado, procede o mais ou menos adequado, o mais ou menos significativo, o mais ou menos inventivo.

Em Escher pode-se sentir a exploração de sentidos e significações. Na obra “*Belvedere*”, por exemplo, a cognição se define como a apropriação do que ela intuitivamente revela. Assim, os alunos, à imposição do fazer, concebem conscientemente uma arquitetura possível.

Quando se analisa a composição de “*Belvedere*”, em cada elemento há importância, a posição do comerciante rico em relação à dama do último andar do edifício. Esta possibilidade se realiza no mundo das idéias de Escher. As pilastras são paralelas, porém, o fim das sacadas se direcionam para lados diferentes do *belvedere*. Ao mesmo tempo, quando se observa o todo da obra, há a sensação de que o comerciante e a dama estão, nos pisos do edifício, posicionados em “ordem”.



Nessa perspectiva, se se cortar a construção ao meio, em linha horizontal, percebe-se, em destaque à obra, certa simetria no prédio.

Essa simetria se dá mesmo entre figuras impossíveis. Mostra que essa característica da simetria, - matemática ou estética -, não é própria apenas de objetos existentes, pois, a simetria está para além da existência real das coisas.

Pode-se observar também o espaço existente no interior da obra que Escher o utilizou para, mais uma vez, expor o pensamento matemático. Impõe ao observador da obra usar o pensamento visual e perceber a impossibilidade do que

está representado na obra se concretizar tridimensionalmente. O melhor exemplo, no caso, é a escada de mão, como já acima se analisou.

Ao se deslocar o olhar à esquerda da obra, abaixo dos andares e fora do *belvedere*, sentado a um banco, há um homem de posse de um objeto vazado em forma de cubo. Este cubo parece feito de madeira e se assemelha ao desenho do cubo, na folha de papel, à frente do rapaz, no piso. Por sua vez, o piso é quadriculado e, tal como a forma das faces de um cubo, pintado como um tabuleiro de jogo de damas.

Os cubos, um, às mãos do homem, e outro, em desenho no papel, sobre o piso, estão diretamente relacionados ao *belvedere* às costas do tal homem. Um cubo impossível de existir, tal qual o *belvedere*, dadas as linhas que o compõem.

Para entender melhor a impossibilidade da existência deles, precisa-se entender que um cubo, segundo Rangel (1982), é um hexaedro regular convexo, composto de seis faces de forma quadrada. Cada face concentra três arestas em um mesmo vértice, e totalizam então oito vértices. Uma vez que de cada vértice saem três arestas, há no cubo um total de doze arestas. No cubo, origina de cada vértice uma diagonal cujo total é quatro diagonais. Mas, o *Belvedere* de Escher, o cubo na mão do rapaz, e ao chão o desenho no papel de cubo não estabelecem as tradicionais características de um hexaedro, como informa Rangel (1982), em sua obra sobre poliedros.

Embora três arestas saiam de todos os vértices do *belvedere*, elas não formam uma perpendicular euclidiana com o vértice oposto correspondente. Há um deslocamento sutil em diagonal, a aresta parte de um vértice e se une a outra aresta

que por sua vez sai do vértice oposto à sua diagonal. Eis aí a sutileza de uma diagonal inexistente no mundo físico e euclidiano muito embora existente no mundo de Escher, em sua litografia.

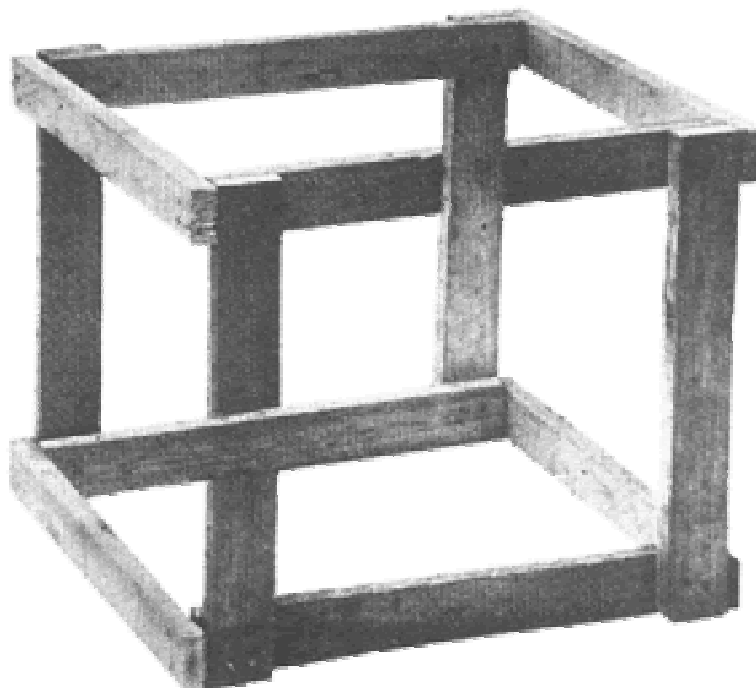
Em *Belvedere* podíamos imaginar estar a ouvir alguém a tocar espineta. Um duque da Renascença – digamos Gian Galeazzo Visconti – mandara construir este pavilhão com vista sobre um vale, nos Abruzos. Olhando melhor, ele mostra ser antes uma coisa fantasmagórica: não tanto pela presença dum prisioneiro furioso, a quem ninguém parece prestar atenção, mas sim por motivo da construção. O piso superior do *belvedere* parece ser perpendicular ao inferior. O eixo longitudinal do piso superior fica na direção do olhar da dama que se encosta à balastrada e o eixo do piso inferior, na direção do olhar do abastado mercador que contempla o vale (ERNST, 1991, p. 86).

A cada olhar dirigido à obra vê-se algo de estranho. Por exemplo, o mercador que, com a mão direita, se apóia, sobre o pilar do canto direito, como se quisesse e lhe fosse impossível pela inexistência, apoiá-la à pilastra atrás dele.

Nesta obra “*Belvedere*” e assim também no “cubo” às mãos do homem, embora as estruturas sejam de um hexaedro, a parte superior, ligada à inferior, é completamente impossível, devido às pilastras do *belvedere* ou às arestas do cubo que não são perpendiculares.

Na obra “O espelho mágico” de M. C. Escher”, o autor relaciona a obra “*Belvedere*” a uma “[...] construção hábil, uma fotografia do Dr. Cochran, de Chicago. Mas o seu modelo consiste em duas partes separadas que só se assemelham ao cubóide, se forem vistas dum ponto determinado” (ERNST, 1991, p. 87). Se assim não o for, a obra “Grade Louca” não poderia ser fotografada, pois não existiria da forma a qual foi projetada.

Figura 15: “A grande louca”.



Fonte: <http://asmodis.heim.at/lattenkisten.gif>. Acessado a 30/08/06.

As invertidas ligações das arestas só existem no plano bidimensional. A proposta de Escher com essa inversão, é fazer o fruidor, sob choque, pensar.

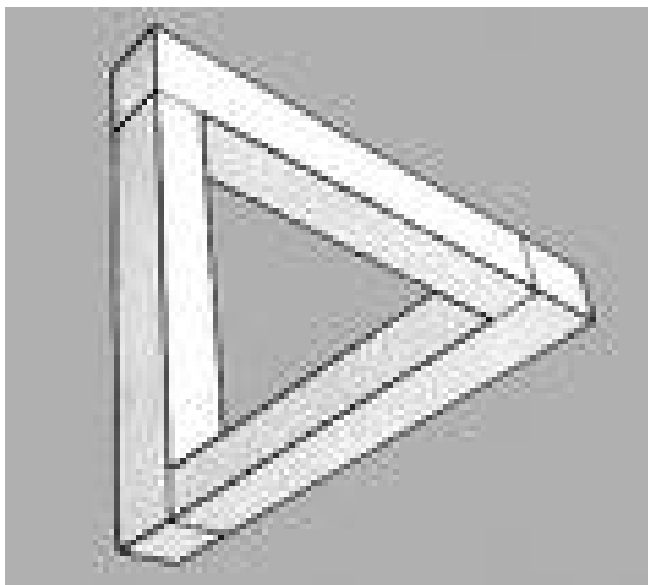
Na escola, a linguagem visual é um meio viável para se ensinar, principalmente quando o assunto se relaciona à matemática, abstrata em seus conceitos. Quando se usa o desenho geométrico, facilita a compreensão de conceitos. Enfim, as obras de Escher propõem reflexões, como por exemplo: até que ponto o mundo físico é euclidiano e homogêneo.

4.5 “QUEDA D’ÁGUA”

No mesmo ano de 1958, quando Escher produziu a obra “*Belvedere*”, o matemático R. Penrose publicou o “*Tribar*”, uma figura impossível, no “*British Journal of Psychology*” (vol. 49, parte I, de fevereiro de 1958).

Será que Escher e Penrose disputavam uma maneira criativa de apresentar uma forma impossível? Escher, com um cubo, e Penrose com uma forma triangular?

Figura 16: “*Tribar*”. 1958. R. Penrose.



Fonte: www.uv.es/buso/escher/tribar.gif. Acessado a 30/08/06.

O que se sabe é que “Escher viu a figura de Penrose exactamente (*sic*) na altura em que estava completamente ocupado em construir mundos impossíveis, e o “tribar” deu incentivo à produção da litografia ‘Queda de água’, 1961” (ERNST, 1991, p. 88).

O “tribar” tridimensional pode ser considerado tal como uma sombra de uma “coisa” tetradimensional; e, no entanto, a sombra pode apenas refletir um lado dessa figura. O aspecto de impossibilidade do “tribar”, no espaço, deve-se à suposição de que nele mesmo a sombra bidimensional reflete todos os lados. Possíveis reconstruções tridimensionais do “Tribar” mostram as aparentes incongruências na figura bidimensional.

São impossíveis; pois, na tentativa de uma representação tridimensional, percebe-se que as retas não se encontram no espaço tridimensional, mas, enquanto sombra, sim.

Pode acontecer de uma figura bidimensional ser sombra de alguma “coisa” tetradimensional e só a matemática pode fornecer argumentos para entender essa situação.

É possível que a obra “*Belvedere*” seja um desses casos? Mais especificamente, pode-se encontrar uma “coisa” tetradimensional, cuja sombra no plano seja o *belvedere* de Escher?

Escher, apaixonado por poliedros e paradoxos, explorou as relações dos conteúdos do desenho geométrico e realizou novas descobertas. A figura “*tribar*” o incentivou a construir geometricamente a obra “Queda d’água”. A próxima figura é o segredo da obra. Vê-se que Escher utilizou várias dessa figura, ligadas entre si, como parte da composição da litografia.

Figura 17: “Queda d’água”. 1961. Litografia. 38X30 cm.



Fonte: M. C. Escher – Gravuras e Desenhos, p.76

No desenho aplicou-se três vezes este triângulo impossível [de R. Penrose]. A água duma cascata põe em movimento a roda de um moinho e corre depois para baixo, numa calha inclinada entre duas torres, devagar, em ziguezague, até ao ponto em que a queda d’água de novo começa. O moleiro tem, de vez em quando, de deitar um balde de água para compensar a perda por evaporação. Ambas as torres são de uma mesma altura, mas a da direita está, contudo, um andar mais baixo do que a da esquerda (ESCHER, 2004, p.16).

Há a construção de uma litografia muito bem desenhada e, com apenas um olhar, percebe-se seus componentes com facilidade: há uma moradia com três andares, e dois deles são compostos por canais por onde escorre água que, vagarosamente, cai em cascata sobre uma roda que gira em seu próprio eixo e assim sucessivamente. Ao lado esquerdo da construção, encostado no muro da

moradia, um homem tranqüilamente observa o movimento. Ao lado oposto, uma mulher estende a roupa que, lavada, está numa bacia. Ao lado esquerdo da casa, localiza-se um pequeno jardim.

Sob este prisma, ao visualizar toda a moradia, um edifício com vários andares que se assemelha a um belo castelo há a sensação de lá habitar um tranqüilo casal.

São as escadarias externas da casa que dão a perceber a possível quantidade de andares. Uma casa, aparentemente normal, como muitas outras grandes casas. Mas, sob olhar atento, percebe-se na obra algo estranho: uma impossibilidade de existência, conforme anteriormente já se discutiu a respeito do “tribar”. Entretanto, abaixo consta a discussão sobre o que há de estranho e de impossível na litografia em pauta.

No canto esquerdo da casa, há o jardim, um tanto diferente, pois, em lugar de flores, árvores, grama, etc., há, também, exageradamente aumentadas algas e musgos - plantas aquáticas -. Ao se olhar o desenho de fundo na obra, em tom bem claro, porém, com linhas e formas visíveis, um sente-se levado ao fundo do mar além das plantas, por causa da cor opaca com que foi elaborada.

Neste fundo de cujo terreno completamente irregular, vêem-se árvores e pequenos arbustos, distribuídos, que se parecem ora a um labirinto, ora a uma inclinação em forma de degraus que circundam a moradia. A perspectiva, por meio de declives que chegam até os muros da casa, parecem degraus de fina areia; assim, a construção da casa parece estar ao fundo do mar.

Em primeiro plano, na obra, a moradia se caracteriza pela cor forte e linhas bem definidas. Aí o artista se valeu da originalidade imaginativa da própria imaginação, do próprio conhecimento e realizou algo desconhecido e diferente de qualquer outra obra.

Na obra “Queda d’água”, há duas torres, cada uma suporta uma forma geométrica estrelada. As torres e as calhas por onde passam as águas são de tijolos à vista. Percebe-se que a água, que passa pelos canais, desce por causa do desnível que sempre apresentam a diferença de um degrau até a cascata.

Contudo, conforme os canais se afastam, embora os degraus nelas representados, há a sensação de que a água, que ali passa, não desce, mas sobe. É um lugar estética e artisticamente muito bem elaborado e matematicamente pensado.

Veja-se antes onde Escher faz uso de dois tribares de forma que eles se interpenetram.



Se começarmos olhar a figura em cima à esquerda, vemos a água cair e a pôr assim uma roda em movimento. Depois continua a correr por uma calha de tijolos. Se seguirmos o percurso da água, notamos que ela corre, sem dúvida, continuamente a baixo e ao mesmo tempo afastando-se de nós. Subitamente, o ponto mais afastado e mais baixo parece ser idêntico ao mais alto e mais perto; assim, a água continua a cair e a manter a roda em movimento; um *perpetuum mobile*! (ERNST, 1991, p. 88).

O olhar simplesmente não proporciona uma ordenação espacial do objeto a que se olha. É preciso “ver” essa coisa, atribuir-lhe um significado. Ao se olhar a obra “Queda d’água” não se percebe que a água que corre pelas calhas de tijolos, passam por um lugar impossível de existir no espaço.

Escher usa dois tribares para compor as tais calhas e o ato de se ver aí os dois tribares perde nessa circunstância incomum o significado para o fruidor; torna-se imagem sem organização espacial. Entretanto, ao mesmo tempo não é a figura impossível do “tribar”, pois está organizada espacialmente como calha. Embora contraditório, sem dúvida, aqui, Escher atribui o significado à figura impossível que a natureza não pode dar a quem o frui.

Seria possível encontrar, nesta obra, outras formas de “tribar”, utilizadas por Escher?

O que Escher realmente pensou quando realizou esse trabalho?

Certamente queria ele, como em todas as suas obras, depois de 1937, realizar ligações impossíveis de existir no mundo real. Mas o que o levou a pensar nessas ligações e criar mundos assim?

O propósito do autor foi expor ao fruidor de suas obras a própria intenção. O autor quis explicitar as idéias e, por meio de imagens, a linguagem visual.

Há muita criatividade, exposição de formas, combinação das formas, concepção matemático-geométrica desde as formas das janelas, portas, túneis, telhados, enfim, à composição toda da estrutura da obra.

Ao olhar atento sobre as duas torres, conclui-se que as formas poliédricas não têm como elemento de estruturação do desenho significado para a composição da obra, mas sim como ornamento.

Os poliedros têm sido utilizados em muitas épocas da história como elementos decorativos [...]. Porém, talvez, o período histórico no qual a conexão de Arte e poliedros foi realmente frutífera foi no Renascimento. Muitos dos grandes artistas dessa época utilizaram os poliedros como instrumento para desenvolver certas técnicas relacionadas com a perspectiva (FERNÁNDEZ, s.d.; trad. pelo autor).

Não há aqui uma mera identificação da forma poliédrica, porque, ao se identificar algo em que se vê, alguma coisa no fruidor se esclarece. Esse é mais um aspecto da percepção. Escher com a obra possibilita esse desenvolvimento.

Ela [a percepção] envolve um tipo de conhecer, que é um apreender o mundo externo junto com o mundo interno, e ainda envolve, concomitantemente, um interpretar aquilo que está sendo apreendido. Tudo se passa ao mesmo tempo. Assim, no que se percebe, se interpreta. No que se aprende, se compreende. Essa compreensão não precisa necessariamente ocorrer de modo intelectual, mas deixa sempre um lastro dentro de nossa experiência. (...) Ganhamos um conhecimento ativo e de autocognição (...) (OSTROWER, 1994, p. 57).

Sob essa perspectiva, o pensamento é a semente que produz o fruto necessário à imaginação do perceptível e que leva ao conhecimento. Isto é, o fruidor vê, percebe, interpreta, dá significado e, então, o aprendizado acontece no

inconsciente, memorizado. Ao contato com objetos ou qualquer tipo de situação, próxima de conhecimento, armazenado no inconsciente, tal conhecimento é liberado para fazer com que uma nova aprendizagem ou conhecimento venha a se realizar.

Além dos impulsos do inconsciente, entra nos processos criativos tudo o que o homem sabe, os conhecimentos, as conjecturas, as propostas, as dúvidas, tudo o que ele pensa e imagina. Utilizando seu saber, o homem fica apto a examinar o trabalho e fazer novas opções. O consciente racional nunca se desliga das atividades criadoras; constitui um fator fundamental de elaboração (OSTROWER, 1994, p. 55).

Foi assim que Escher procedeu para realizar o desenho da obra “Queda d’água”. Esses elementos sobre as obras, apontados por Ostrower, podem proporcionar aos alunos conhecimento, reflexões sobre as possibilidades de existência de mundos, condições para essa existência, viabilidades de construções impossíveis, a preservação de ambientes naturais.

Ora, já se tem ferramentas para formar pensadores, transformadores, para evitar meros repetidores de informações e situações.

Ao analisar uma obra, dá-se suporte para a criatividade, a inventividade, a originalidade, etc. e aperfeiçoa-se, então, a concentração, o rendimento intelectual e a intuição do aluno.

Parafraseando Ostrower (1994, p 56), a intuição é um dos mais importantes modos de cognição. Situações novas e inesperadas como um mundo sob água podem ser inteligentemente compreendidas e permitem que, instantaneamente, o aluno compreenda, internalize e julgue a ocorrência, desde que o raciocínio é trabalhado com sabedoria e do que ouviu o processo de repetição é anulado. Então, o aluno aprende a enfrentar variadas situações sem medo nem insegurança.

É possível encontrar circunstâncias em que o aluno se questione sobre o mundo em que vive, o certo ou o errado, como lidar com situações contra a natureza humana, contra as tradicionais apresentações das formas ou como lidar com transformações das formas, sociais, econômicas, estéticas, entre outras.

Muitas reflexões uma obra de arte propõe! Fazer o aluno pensar subjetivamente é condição '*sine qua non*'. O pensamento geométrico proposto nas obras de Escher, neste sentido, é um recurso extremamente importante, afinal, possibilita refletir sobre problemas existenciais cotidianos e os resolver de modo a evitar a dificuldade exatamente pelas inabilidades geométricas.

As habilidades geométricas podem ser desenvolvidas a partir de situações nas quais a percepção, a representação, a construção estão presentes durante uma aula prática, principalmente, na análise de obras como as do artista gráfico M. C. Escher.

Nessa perspectiva e para efeito deste estudo, convém reforçar sobre a significatividade da arte no desenvolvimento do homem. Razão de aqui se afirmar que as obras de Escher se impõem por si mesmas, como meio de aprendizagem de conteúdos do desenho geométrico e para o desenvolvimento perceptivo-crítico-reflexivo do aluno.

A diversidade de assuntos plausíveis de serem abordados à análise de obras de Escher numa única aula é, portanto, bem-vinda, e está de acordo com as propostas dos PCN - Arte e Matemática; para desenvolvimento da capacidade de observação de imagens. Afinal, a imagem é um instrumento de informação essencial no mundo.

As obras de Escher pelas formas diversificadas, situações diversificadas e paradoxos são instrumentos para estudar arte e matemática pelas inter-relações exploradas com a sociedade e o mundo como um todo.

Liberto da concepção euclidiana, e abdicando de pretensões cartesianas, com idéias claras e distintas, Escher explorou, conscientemente, instrumentos artísticos e matemáticos. Deu significado aos seus pensamentos por meio da gravura e da litografia.

Assim, cada qual é capaz de desenvolver a habilidade de ver e a escola, para a proposta deste estudo, é o lugar que deve iniciar esse desenvolvimento. Explorar instrumentos artísticos e matemáticos para, futuramente, explorar o conhecimento adquirido e tomar decisões frente às impostas dificuldades da vida.

Essa capacidade de “ver”, além de ser natural, pode ser desenvolvida. E esse desenvolvimento, necessário para uma nova abordagem da matemática, requer de uma alfabetização visual: é a necessidade de uma linguagem visual rumo à elaboração de uma conceituação visual. Esse é o grande desafio que poderá mudar o ensino da matemática do século XXI (CIFUENTES, 1993).

É possível estender esse pensamento da matemática, proposto por Cifuentes, para outras áreas do conhecimento, nesta pesquisa, especificamente para as artes gráficas. Afinal, a arte é a pioneira da linguagem visual.

Cifuentes (1993) ainda propõe que no ensino da Matemática, e acrescenta-se aqui da Arte, a esse discurso, os aspectos formais e intuitivos, ligados aos aspectos sensíveis, são fundamentais nesse processo. Como já se discutiu, as obras de Escher são ricas em conteúdos matemáticos, artísticos e estéticos, etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, cogitada em 1946, pela Constituição brasileira da época, foi um grande passo para o resgate da Educação brasileira.

Entre 1946 e 1961, mesmo sem a devida regulamentação do ensino artístico, as escolas tentaram proporcionar o mínimo de desenvolvimento das potencialidades, o exercício da cidadania e, também, resgatar valores culturais do país.

Com a LDB nº. 5.692/70, a Arte passou a ser denominada “Educação Artística”. Nesta diretriz, caracterizou-se tecnicista a Arte e cuja aplicação se voltava ao trabalho operário em fábricas e, por consequência, substituiu-se o conhecimento por procedimentos técnicos.

Hoje, século XXI, a Educação, a partir de uma nova Constituição, sancionada em 1988, e albergada pela LDB nº. 9.394/96, embora aprovada ao final do século XX, traz novas tendências e perspectivas educacionais, considerando a Educação pela Arte como um resgate de valores culturais, artísticos, familiares, intuitivos, reflexivos, etc., embora proposta por Read, desde a metade do século XX.

A trajetória educacional, abordada no Capítulo I, relacionada às constituições e diretrizes educacionais, não foi o foco para esse trabalho, mas teve o condão de direcionar para o entendimento do processo pelo qual a Educação brasileira passou; “no Brasil podemos dizer que a Educação pela Arte foi a primeira

teoria pedagógica empregada” (YOLANDA, 1967, p. 19), contudo, não foi interpretada tal como Herbert Read (2001) pensou.

Assim, com o curso desta pesquisa, viu-se que a arte, como conhecimento, propõe à Educação, além de promover o conhecimento cultural, também o pensamento visual, artístico, matemático, estético, etc.

Nesta perspectiva, convém valer-se dos aspectos de ensino, propostos por Read (2001), isto é, da Arte na Educação, e considerar interdisciplinaridade trabalho/processo criador e constituir pessoas completas cujo valor é a intelectualidade, aspectos morais e estéticos, enfim, a relação do homem com o mundo. Acrescentam-se ainda os aspectos da cosmovisão que revelam uma abordagem muito mais crítica com o ensino-aprendizagem da matemática e da arte.

Vive-se em uma sociedade complexa e cujas necessidades impõem a presença de pessoas criativas, autônomas e inteligentes capazes de lidar com complexidades sociais. Mas, para isso, é necessário que a escola imponha espaço para desenvolver nos alunos a capacidade de pensar. Assim, o Desenho Geométrico, os pensamentos visual, matemático e reflexivo terão chances de serem trabalhados.

É lamentável, no entanto, que a atual prática de ensino ainda apresente características conservadoras, quando não incorretas, pois, atua-se com práticas tradicionais desde o *layout* da sala até os conteúdos.

Nesta pesquisa, por exemplo, procurou-se evidenciar que os processos de aprendizagem e de desenvolvimento do homem exigem que o professor se deixe “contaminar” por um ensino comprometedor, reflexivo, criador, interdisciplinar e,

acima de tudo, procure mostrar “que a realidade se manifesta a partir do que somos capazes de ser, de interpretar, de construir e desconstruir” (MORAES, 2004, p.40).

Sob essa perspectiva, o conhecimento objetivo só existe por estar atrelado à subjetividade do observador, e se faz ativa, se houver compreensão do todo em lugar das partes do que vê.

É fato que os professores sentem falta, e aí inclui-se o autor, de uma abordagem de ensino mais “sistematizadora e rigorosa que parta das implicações epistemológicas das novas teorias que caracterizam o pensamento científico atual e que seja capaz de delinear um novo paradigma educacional mais condizente com as necessidades atuais” (MORAES, 2004, p. 46).

Essa pesquisa não é uma proposta metodológica de ensino, mesmo assim, propõe pensar para redimensionar a ação do profissional da educação a contribuir para que o desenvolvimento do pensamento, com base no conhecimento artístico, se torne a arma para a cognitividade se processar.

Descartes definiu o homem como ‘uma coisa que pensa’, à qual o raciocínio chegava naturalmente, enquanto imaginar, a atividade dos sentidos, exigia um esforço especial e não era, de forma alguma, necessário à natureza ou essência humana (ARNHEIM, 1989, p. 141-142).

Sem o pensamento que lhes dá formas, as imagens vistas são inúteis.

M. C. Escher, cujas obras foram analisadas nesta pesquisa, realizou estudo sistemático e, no processo de experimentação e criatividade, descobriu ser possível criar diferentes combinações geométricas. Razão por que se conclui que detinha pensamento ativo e, portanto, era conhecedor do que construía.

Quando se é capaz de ir além das informações que se possui, ultrapassar os limites, buscar compreensão do significado do que se vê, constitui-se então um processo de formação contínua.

A análise sobre obras de Escher, aqui, para além de um meio à aprendizagem, de “olhar” uma imagem, se constitui em ensinar a “ver” aquilo que se observa, cujo fundamento é conhecimento e, principalmente, práticas para criar o gosto pelo ato de ver, ou seja, buscar conhecer e interagir com imagem.

A observação, aliada às experiências concretas no processo ensino-aprendizagem, oportuniza ao aluno emocionar-se com a estética artística e com a estética matemática.

Quando há emoção, há envolvimento da capacidade intelectual; reconhecem-se valores e sensibilidade ao conhecimento.

Procura-se dar à arte visual o merecido valor e à matemática, banir o rótulo racionalista, cartesiana, mero objeto decorativo da arte, para valorizarem-se também o pensamento visual e o pensamento matemático bem como o desenho geométrico.

Concorda-se com Fayga Ostrower sobre valorizar e resgatar na escola a intuição, porque:

A intuição é um processo dinâmico e ativo, uma participação atuante no meio ambiente. É um sair-de-si e um captar, uma busca de conteúdos significativos. Os processos de perceber e intuir são processos afins, tanto assim que não só o intuir está ligado ao perceber, como o próprio perceber talvez não seja senão um contínuo intuir (OSTROWER, 1994, p. 66).

Assim, deve-se valorar a intuição tal como Escher, por exemplo, liberou a intuição matemática e a utilizou para realizar gravuras e, se assim não o fosse,

jamais comporia obras como as aqui analisadas, pois não se teria aprendido conteúdos matemáticos acadêmicos e, a partir daí, dado início a uma nova dimensão espacial – tetradimensional -, representada, embora impossível de existir no espaço tridimensional, com formas e criatividade, foi transcendente e deixou a arte o envolver.

A forma, função da percepção, e a criação, função da imaginação, como princípios, citados por Souza (1964), são oriundas e, portanto, necessariamente dependentes do pensamento; sem este não há percepção nem imaginação. Eis aí mais um elemento fundamental à prática escolar: pensamento!

Sob essa perspectiva, as imagens se formam na mente humana; as idéias são elaboradas; a intuição e a criatividade exercem capacidades naturais, e o pensamento nelas se baseia.

Assim, deve-se por meio do ato de ver cultivar e exercitar o pensamento. A arte abre essa possibilidade e as linguagens artísticas “suscitam questões cognitivas merecedoras de um bom cérebro, e tão exatas, em cada um de seus aspectos, quanto um enigma matemático” (ARNHEIM, 1989, p. 153)

Com essa pesquisa, enfim, foi possível compreender a complexidade do mundo e, com as obras de Escher, contribuiu-se para que isso ocorresse. Aqui contou-se com inteligência e imaginação, sem dispensar artifícios mecânicos para avançar à compreensão da arte.

Há, então, com a arte - instrumento de aprendizagem do todo de um conteúdo - grandes vantagens ao planejamento de aulas.

Realizado com inteligência, o trabalho artístico permite que o estudante seja consciente dos diferentes aspectos da experiência perceptiva e se considera que [...] a capacidade de visualizar as complexas propriedades dos objetos tridimensionais no espaço é necessária para as atividades artísticas [...]; Michelangelo visualizou as questões morais e religiosas [...]; Picasso simbolizou a resistência aos crimes fascistas, durante a Guerra Civil espanhola, com figuras e animais em Guernica (ARNHEIM, 1989, p. 153-154).

Procurou-se nesta pesquisa aliar à percepção o pensamento visual artístico e matemático. Espera-se haver posta clara a intenção de evidenciar que as imagens, a intuição, a reflexão, a análise do que se vê e a organização do pensamento fazem parte do processo de domínio do conhecimento cognitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, Celso. **Novas maneiras de ensinar, novas formas de aprender**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- ARANHA, Maria Lúcia de Almeida. **História da Educação**. 2.^a ed. São Paulo: Moderna, 1996.
- ARGAN, Giulio Carlo. **Arte moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.
- ARNHEIM, Rudolf. **Intuição e intelecto na arte**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- ARTE & MATEMÁTICA**. Programa apresentado na TV Cultura. <<http://www.tvcultura.com.br/arte&matemática>> Acessado a 15/11/2002.
- AUMONT, Jacques. **A Imagem**. 10.^a ed. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2005.
- AZEVEDO, Fernando de. **A cultura brasileira**. 5.^a ed. v. II, São Paulo: Melhoramentos, 1971.
- BALDINO, Roberto Ribeiro. Pesquisa-ação para formação de professores: leitura sintonal de relatórios. In: BICUDO, Maria A. V. (org.) **Pesquisas em Educação Matemática: Concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999.
- BARBOSA, Ana Mae Tavares Bastos. **Arte-Educação no Brasil: das origens ao modernismo**. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- _____. **Teoria e Prática da Educação Artística**. 2.^a ed. São Paulo: Cultrix, 1978.
- _____. **A imagem no ensino da arte**. São Paulo: Perspectiva, 1991.
- _____. **Porque e como: Arte na Educação**. Artigo publicado
- _____. **A imagem no ensino da arte: anos oitenta e novos tempos**. 6.^a ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- BASTOS, Maria Helena C. O Ensino Monitorial/Mútuo no Brasil (1827-1854). p. 34-49. In: STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena C. (orgs). **Histórias e Memórias da Educação no Brasil Vol. II – Século XIX**. 2.^a ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2005.
- BICUDO, Maria A. V. (org.) **Pesquisas em Educação Matemática: Concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999.
- BORGES, Abílio César Pereira. **Geometria Popular**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1959.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Arte**. Brasília, 1998.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução – séries iniciais**. MEC/SEF Brasília, 1997.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília, 1998.
- BRONOWSKI, Jacob. **O olho visionário**. Brasília: UNB, 1998.

CAMPOS, A. O estado do Desenho no ensino oficial brasileiro. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 3.; **Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 14**; Ouro Preto: Graphica, 2000.

CARREIRA, Eduardo José A. Netto. (org). **Os escritos de Leonardo Da Vinci sobre a Arte da Pintura**. Brasília: editora Universidade de Brasília: SP: Imprensa Oficial do estado, 2000.

CIFUENTES, José Carlos. **A Linguagem Visual da Matemática**. Anais da XI Conferência Interamericana de Educação Matemática, Blumenau, 2003 (CD-ROOM).

COELHO, Paulo Tarso S. P. A Imagem na Educação. *In*: SÉRIE DE ESTUDOS/EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Salto para o futuro/ Educação do olhar**. v. 1 Secretaria de Educação a Distância/MEC. Brasília, 1998.

CUNHA, Maria Isabel da. **O bom professor e sua prática**. Campinas, SP: *Papirus*, 1989. p.133-171.

CURRICULO BÁSICO. **Compromisso Permanente para a Melhoria da Qualidade do ensino na Escola Pública**. Curitiba, 1991.

DERDYK, Edith. **Formas de Pensar o Desenho**. Scipione, 1989.

DUARTE JR. João Francisco. **Fundamentos estéticos da educação**. 5.^a ed. Campinas, SP: Papirus, 1998.

ERNST, Bruno. **O espelho mágico de M. C. Escher**. Benedikt Taschen Verlag GmbH, Hohenzollernring 53, D-50672 Köln, 1991.

ESCHER, M.C. **Gravuras e Desenhos**. Ed.Taschen, 1994. Korea: Edição para Paisagem Distribuidora de Livros Ltda, 2004.

FAINGUELERNT, Estela K.; NUNES, Katia Regina A. **Fazendo arte com matemática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERNANDES, Rogério. As Cortes Constituintes da nação Portuguesa e a Educação pública. *In*: STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena C. (orgs). **Histórias e Memórias da Educação no Brasil Vol. II – Século XIX**. 2.^a ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

FERNÁNDEZ, Edith Padrón. De como la geometria entrelaza ciencia y arte: História de um poliedro. Universidade de La Laguna, artigo s. d.

FONTOURA, Ivens. **Decomposição da forma: manipulação da forma como instrumento para a criação**. Curitiba: Itaipu, 1982.

FRANCISCO, Fernandes; LUFT, Celso Pedro; GUIMARÃES, F. Marques. **Dicionário Brasileiro Globo**. 45 ed. São Paulo: Globo, 1996.

FUSARI, Maria F. de Resende; FERRAZ, Maria Heloísa C. de T. **Arte na Educação Escolar**. São Paulo: Cortez, 1992.

GHIRALDELLI, Paulo Junior. **História da Educação**. 2.^a ed. São Paulo: Cortez, 1998.

HESPANHOL, Miriam. **Livraria em São Paulo dedica semana ao cordel**. Acessado a 24 de junho de 2004.

http://www.mol.org.br/noticias_home/index.cfm?not_home_cod=1305

HILSDORF, Maria Lucia S. Tão longe, tão perto – As meninas do Seminário. *In*: STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena C. (orgs). **Histórias e Memórias da Educação no Brasil Vol. II – Século XIX**. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

JAEGER, Werner Wilhelm. **Paidéia: a formação do homem grego**. 4.ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

KALEFF, Ana Maria M. R. **Vendo e entendendo poliedros: do desenho ao cálculo do volume através de quebra-cabeças e outros materiais concretos**. Niterói: EdUFF, 1998.

KALTER, Regina S. **A geometria e o desenho geométrico no ensino de 1.º grau em Curitiba: contribuições para uma proposta de integração de conteúdos curriculares**. Curitiba, 1986. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação, UFPR.

LEGISLAÇÃO EDUCACIONAL. <http://www.mec.gov.br/legis/default.shtm> Acesso em: 15 de agosto de 2004.

LIBLIK, Ana Maria Petraitis. **Sobre a contribuição do ensino de desenho geométrico nas artes e na matemática: a importância da integração curricular**. Curitiba 1996 Dissertação de Mestrado - UFPR, Setor de Educação.

LORENZATO, Sérgio. **Por que não estudar geometria? Educação matemática em Revista – Geometria SBEM – ano III – 1.º sem**. 1995 (p. 03 – 13).

MACHADO, Nilson José. **Epistemologia e Didática**. São Paulo: Cortez Editora, 1995.

MAZZOTI, Alda Judith A.; GEWANDSZNJDER. F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 2.ª Ed. SP: Pioneira Thomson Learning, 2002.

MIORIM, Maria A. **Introdução à história da educação matemática**. São Paulo: Atual, 1998.

MORAES, Maria Cândida. **Pensamento eco-sistêmico: educação, aprendizagem e cidadania no século XXI**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins fontes, 1998.

NISKIER, Arnaldo. **Educação brasileira: 500 anos de história, 1500-2000**. São Paulo: Melhoramentos, 1989.

NISKIER, Arnaldo. **Educação brasileira: 500 anos de história, 1500-2000**. 2.ª ed. São Paulo: Melhoramentos, 1996.

OLIVEIRA Ana Teresa de C. C. de. CARDOSO, Christina. De tudo, um pouco. *In*: SÉRIE DE ESTUDOS/EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Salto para o futuro/ Reflexões sobre a educação no próximo milênio**. MEC/Secretaria de Educação a Distância. Brasília, 1998.

OLIVEIRA, Romualdo Portela de; ADRIÃO, Theresa. **Organização do ensino no Brasil: Níveis e modalidades na Constituição Federal e na LDB**. São Paulo: Xamã, 2002, p. 33 – 49. (Coleção legislação e política educacional: v. 2).

OSINSKI, Dulce R. B. **Arte, história e ensino: uma trajetória**. São Paulo: Cortez, 2001.

OSTROWER, Fayga. **Universos da Arte**. 9.^a ed. Rio de Janeiro: Campos, 1991.

_____. **Criatividade e processo de criação**. 10.^a ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

PAQUET, Marcel. Magritte: **O pensamento tornado visível**. Alemanha: Taschen, 2000.

PILLAR, Analice; VIEIRA, Denise. **O vídeo e a metodologia triangular no ensino da arte**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Fundação lochpe, 1992.

PROENÇA, Graça. **História da Arte**. 16.^a ed. São Paulo: Ática, 2003.

RANGEL, Alcyr Pinheiro. **Poliedros**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1982.

READ, Herbert. **Educacion por el Arte**. 5.^a ed. Buenos Aires: Paidós, 1973.

_____. **A Educação pela Arte**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

REBOUÇAS, André. Generalização do ensino do desenho. O Novo Mundo, nov. 1878, p. 246. In: BARBOSA, Ana Mae/Tavares Bastos. **Arte-Educação no Brasil: das origens ao modernismo**. São Paulo: Perspectiva, 1978.

ROHDE, Geraldo Mario. **Simetria: rigor e imaginação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1997.

SAUNDERS, Robert. **Teaching Though Art**. New York, American Books Company, 1971.

SILVEIRA, Maria Helena Veredas para a teoria da imagem. In: SÉRIE DE ESTUDOS/EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Salto para o futuro/ Educação do olhar**. v. 1 Secretaria de Educação a Distância/MEC. Brasília, 1998.

_____. A simplificação. In: SÉRIE DE ESTUDOS/EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Salto para o futuro/ Educação do olhar**. v. 1 Secretaria de Educação a Distância/MEC. Brasília, 1998.

SNOW, Charles Percy. **The two cultures**. Inglaterra, 1959.

SOUZA, Alcídio Mafra de. **Didática especial do desenho na escola primária**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964.

STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena C. (orgs). **Histórias e memórias da educação no Brasil**. Vol. II – Século XIX. 2.^a ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

VALENTE, W. R. A Disciplina Matemática: etapas históricas de um saber escolar no Brasil. In: OLIVEIRA, Marcus A. T. de; RANZI, Serlei M. F. (orgs.) **História das Disciplinas Escolares no Brasil: Contribuições para o debate**. Bragança Paulista: EDUSF, 2003. p.217-253.

VECHIA, Ariclê. O ensino secundário no século XIX: instruindo as elites. *In*: STEPHANOU, Maria; BASTOS, Maria Helena C. (orgs). **Histórias e Memórias da Educação no Brasil**. Vol. II – Século XIX. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

WOODFORD, Suzan. **A arte de ver a arte**. Zahar, 1983, p.6 à 13.

YOLANDA, Regina. **Artes na escola primária**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1967.

ZEVI, Bruno. **Saber ver a arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1978.